

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE
2016/2017

**Associação entre qualidade do ar
interior e prevalência de asma em
crianças - regressão logística
multivariada**

GUILHERME MANUEL FARIA FERREIRA

Dissertação submetida para obtenção do grau de mestre em Engenharia do Ambiente

Presidente do júri: Cidália Maria de Sousa Botelho
(Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de
Engenharia da Universidade do Porto)

Supervisor: Catarina Rosa Santos Ferreira de Castro (email: ccastro@fe.up.pt)
Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de
Engenharia da Universidade do Porto

Co-Supervisor: Doutor Hugo R. R. Santos (email: hsantos@inegi.up.pt) INEGI,
Instituto of Ciência e Inovatação em Engenharia Mecânica e Engenharia
Industrial, Porto, Portugal

Agradecimentos

Esta dissertação é mais do que o resultado de 1 semestre de trabalho. É o fim de anos de estudos, mas é o início de uma nova fase. Por isso, venho por este meio agradecer a todos que, de alguma forma, contribuíram para esta caminhada:

À família. Em especial aos meus pais, pela sabedoria, pela amizade, pelo exemplo, por serem aquilo que gostaria de ser e claro, pelas propinas. E ao Gustavo, por todas os momentos de descontração.

À Maria. Por ter sido das melhores pessoas com quem me cruzei e por ser a pessoa por quem me apaixonei. O meu abrigo, a minha confidente, parceira de viagens...a minha melhor amiga. Obrigado por me teres feito feliz.

Ao Rei Helder, em especial ao Rui e Gomes, pelo apoio, pelas bilharadas, pelos copos. A vocês farei mais do que agradecer, brindarei.

Aos fixes: Nina, Prata, Ricardo e Pedro, pela amizade, pelos gozos à Catarina e por pelos momentos que passaram e virão. São uma boa família.

Ao Jó, pela amizade e por ser fator comum em quase todas as minhas histórias incríveis de faculdade.

À malta da sala de ambiente e ao Mirita, pelas horas de sono que perdemos juntos, pelos momentos de festa e por ouvirem os meus disparates.

À Rosa Oliveira, pela orientação não oficial, pelo tempo dispensado, disponibilidade, alegria na sala de trabalho e por ter sempre puxado por mim.

Aos meus orientadores, Professora Catarina Castro e Doutor Hugo Santos, por todo o tempo e dedicação a esta dissertação e por sempre conseguirem encontrar tempo na sua agenda para me ajudar.

Por último, ao projeto SINPHONIE, que disponibilizou os dados que estiveram na base de todo o estudo.

A todos, o meu sentido obrigado.

Guilherme Ferreira

Resumo

A Qualidade do Ar Interior (QAI), pela importância que tem na saúde e bem-estar geral das pessoas, continua a despertar o interesse da comunidade científica e do público em geral. Numerosos estudos têm demonstrado que a exposição a certos compostos químicos, a alguns tipos de bactérias e fungos, bem como a condições de temperatura e humidade desadequadas está associada ao desenvolvimento de asma e alergias.

O projeto “SINPHONIE”, coordenado pelo IDMEC em parceria com diversos parceiros europeus, teve por objetivo, no âmbito das recomendações da Organização Mundial de Saúde e do Plano de Ação Ambiente e Saúde para a Europa, contribuir para o conhecimento sobre as causas e associações ambientais com o desenvolvimento de doenças respiratórias em crianças em idade escolar, bem como desenvolver estratégias para reduzir e prevenir os impactos da poluição do ar nos espaços interiores. Esta investigação procura trazer um contributo adicional, baseado ainda em dados recolhidos no âmbito do projeto SINPHONIE, para melhor estabelecer as relações entre qualidade do ar interior nos ambientes doméstico e escola e a prevalência de asma, alergias e outros sintomas do foro respiratório nas crianças. Desta base de dados constam os registos da QAI para os parâmetros químicos, físicos e microbiológicos recolhidos nas casas e salas de aulas de 68 crianças do ensino básico de 1º ciclo da cidade do Porto, sendo que 38 crianças apresentavam sintomas e/ou diagnóstico de asma e as restantes 30 foram consideradas assintomáticas. Ao longo desta dissertação foram abordadas diferentes análises estatísticas com o objetivo de clarificar possíveis associações entre a QAI e a prevalência de asma. Recorreu-se a modelos de regressão logística para determinar quais os parâmetros que influenciam a prevalência de asma na população em estudo, fazendo-se uma análise ao risco de asma para cada parâmetro incorporado nos modelos.

Foram encontradas associações entre o risco de asma e os parâmetros em estudo, sendo, para o ambiente casa, temperatura e exposição ao CO e, para o ambiente escola, a humidade relativa, taxa de ventilação e exposições ao benzeno, tetracloretileno, PM_{2.5} e CO. Estas associações foram observadas em diversos dos modelos criados o que vem reforçar e dar consistência à análise.

Palavras-chave: Qualidade do ar interior; Poluição do ar; Saúde; Asma; Crianças em idade escolar; Regressão Logística.

Abstract

Indoor Air Quality (IAQ) has an important role on the human health and overall well-being, such that it keeps on raising attention of the scientific community and general public. A great number of studies came up showing that the exposure to chemicals, particles and microbiological agents as well as inadequate conditions of temperature and humidity are associated with the development of asthma and allergies

The “SINPHONIE” project, coordinated by the IDMEC in partnership with other European partners and under the recommendations of the World Health Organization and the European Environment and Health Action Plan, aimed at expanding the knowledge of the environmental sources and possible associations with the development of respiratory problems in school-age children and also to find new or better strategies to prevent and reduce the impacts of indoor air pollution.

This master’s dissertation in environmental engineering, based on data gathered by the SINPHONIE project, tries to make a contribution for a better understanding of the relations between IAQ of homes schools and the prevalence of asthma, allergies and other respiratory symptoms.

On the database there were values for some chemical, physical and microbiological IAQ parameters collected from the houses and classrooms of 68 primary school children studying in the city of Porto. From the 68 children, 38 presented symptoms or diagnosed asthma and the other 30 showed no symptoms at all. Throughout this dissertation different statistical approaches were used in order to clarify or find possible associations between IAQ and asthma. To determine which parameters are related to the asthma prevalence, multiple logistic regressions were used, followed by an analysis to the asthma risk given by the parameters incorporated in the final models.

Associations between asthma risk and studied parameters were found, in the domestic environment, for temperature e exposure to CO and, in the school environment, for relative humidity, ventilation rate and exposure to tetrachloroethylene, benzene, PM_{2.5} and CO. These associations were observed in several created models, which reinforces and gives consistency to the analysis.

Keywords: Indoor air quality; Air pollution; Health; Asthma; School-aged children; Logistic Regressions

Índice Geral

Conteúdo

<i>Agradecimentos</i>	<i>i</i>
<i>Resumo</i>	<i>iii</i>
<i>Abstract</i>	<i>v</i>
<i>Índice de Figuras</i>	<i>ix</i>
<i>Índice de Tabelas</i>	<i>xii</i>
<i>Abreviaturas e símbolos</i>	<i>xiv</i>
<i>Capítulo 1 Introdução</i>	<i>1</i>
<i>Capítulo 2 Qualidade do ar</i>	<i>5</i>
2.1. Poluição do ar e Saúde Pública.....	<i>7</i>
2.1.1. Relevância da temática.....	<i>7</i>
2.1.2. Grupos de Risco	<i>9</i>
2.1.3. Exposição, Dose e Concentração	<i>10</i>
2.2. Poluição em ambientes interiores.....	<i>11</i>
<i>Capítulo 3 QAI e prevalência de asma</i>	<i>13</i>
3.1. Asma	<i>15</i>
3.2. Asma e QAI	<i>16</i>
3.3. Asma e parâmetros analisados.....	<i>18</i>
<i>Capítulo 4 Metodologia</i>	<i>23</i>
4.1 Design do estudo	<i>25</i>
4.2 Medições da qualidade do ar interior.....	<i>26</i>
4.3 Análise dos valores das medições e construção das bases de dados.....	<i>29</i>
4.4. Análise estatística	<i>31</i>
<i>Capítulo 5 Resultados e Discussão</i>	<i>36</i>
5.1. Descrição população de estudo	<i>38</i>
5.2. Caracterização do ar interior: casa e escola.....	<i>38</i>
5.3. Associações estimadas entre parâmetros do ar interior e risco de asma: regressão logística individual	<i>50</i>

5.4. Associações entre parâmetros do ar interior e risco de asma: modelos multivariados	55
5.5 Discussão de resultados	62
<i>Capítulo 6 Conclusões e perspectivas futuras</i>	66
<i>Referências</i>	70
<i>Anexos</i>	<i>I</i>

Índice de Figuras

Figura 1 Riscos de saúde por exposição a poluição atmosférica (Adaptado de WHO (2016)).....	8
Figura 2 Esquematização do percurso respiratório de um químico (US EPA, 1992)...	10
Figura 3 Fontes de poluição interior e exteriores (Adaptado de EPA 2016b)	12
Figura 4 Diagrama da metodologia aplicada.....	31
Figura 5 <i>Boxplot</i> do CO ₂ em casa	I
Figura 6 <i>Boxplot</i> do CO em casa	I
Figura 7 <i>Boxplot</i> da temperatura em casa.....	I
Figura 8 <i>Boxplot</i> da humidade Relativa em casa.....	I
Figura 9 <i>Boxplot</i> das PM _{2.5} em casa.....	I
Figura 10 <i>Boxplot</i> das PM ₁₀ em casa	I
Figura 11 <i>Boxplot</i> dos COVT em casa	II
Figura 12 <i>Boxplot</i> dos Outros COV em casa.....	II
Figura 13 <i>Boxplot</i> do tolueno em casa	II
Figura 14 <i>Boxplot</i> do benzeno em casa	II
Figura 15 <i>Boxplot</i> do m/p-xileno em casa.....	II
Figura 16 <i>Boxplot</i> do estireno em casa	II
Figura 17 <i>Boxplot</i> do o-xileno em casa	III
Figura 18 <i>Boxplot</i> do tetracloroetileno em casa.....	III
Figura 19 <i>Boxplot</i> do limoneno em casa	III
Figura 20 <i>Boxplot</i> do a-pineno em casa.....	III
Figura 21 <i>Boxplot</i> do formaldeído em casa	III
Figura 22 <i>Boxplot</i> do acetaldeído em casa.....	III
Figura 23 <i>Boxplot</i> da ventilação em casa.....	IV
Figura 24 <i>Boxplot</i> dos fungos em casa	IV
Figura 25 <i>Boxplot</i> do CO ₂ na escola	IV
Figura 26 <i>Boxplot</i> das bactérias em casa.....	IV
Figura 27 <i>Boxplot</i> do CO na escola	IV
Figura 28 <i>Boxplot</i> da temperatura na escola.....	IV
Figura 29 <i>Boxplot</i> da humidade relativa na escola.....	V
Figura 30 <i>Boxplot</i> das PM _{2.5} na escola.....	V
Figura 31 <i>Boxplot</i> das PM ₁₀ na escola	V
Figura 32 <i>Boxplot</i> dos COVT na escola	V
Figura 33 <i>Boxplot</i> dos outros COVs na escola.....	V
Figura 34 <i>Boxplot</i> do benzeno na escola	V

Figura 35 <i>Boxplot</i> do tolueno na escola	VI
Figura 36 <i>Boxplot</i> do tetracloroetileno na escola.....	VI
Figura 37 <i>Boxplot</i> do p-xileno na escola	VI
Figura 38 <i>Boxplot</i> do estireno na escola	VI
Figura 39 <i>Boxplot</i> do o-xileno na escola	VI
Figura 40 <i>Boxplot</i> do a-pineno na escola.....	VI
Figura 41 <i>Boxplot</i> do limoneno na escola	VII
Figura 42 <i>Boxplot</i> do formaldeído na escola	VII
Figura 43 <i>Boxplot</i> do acetaldeído na escola	VII
Figura 44 <i>Boxplot</i> da ventilação na escola.....	VII
Figura 45 <i>Boxplot</i> dos fungos na escola	VII
Figura 46 <i>Boxplot</i> das bactérias na escola.....	VII

Índice de Tabelas

Tabela 1 Valores limite de exposição.....	21
Tabela 2 Listagem de parâmetros para os quais foram realizadas medições	26
Tabela 3 Descrição da população de estudo	38
Tabela 4 Estatística sumária dos parâmetros químicos, físicos e microbiológicos do ar interior em casa	40
Tabela 5 Estatística sumária dos parâmetros químicos, físicos e microbiológicos do ar interior na escola	44
Tabela 6 Estatística sumária dos parâmetros filtrados vs não filtrados	48
Tabela 7 Variáveis selecionadas e respetivo valor p da regressão logística individual, para o tratamento mencionado e sem filtro.	51
Tabela 8 Variáveis selecionadas e respetivo valor p da regressão logística individual, para o tratamento mencionado e com filtro.	51
Tabela 9 Variáveis selecionadas e respetivo valor p da regressão logística individual, para o tratamento mencionado e sem filtro	52
Tabela 10 Variáveis selecionadas e respetivo valor p da regressão logística individual, para o tratamento mencionado e com filtro.	52
Tabela 11 Variáveis selecionadas e respetivo valor p da regressão logística individual, para o tratamento mencionado e sem filtro.	53
Tabela 12 Variáveis selecionadas e respetivo valor p do da regressão logística individual, para o tratamento mencionado e com filtro.	53
Tabela 13 Variáveis selecionadas e respetivo valor p da regressão logística individual, para o tratamento mencionado e sem filtro	54
Tabela 14 Variáveis selecionadas e respetivo valor p da regressão logística individual, para o tratamento mencionado e com filtro.	54
Tabela 15 Variáveis incorporadas no modelo multivariado sem tratamento de outliers e sem filtro e respetivos valores p, OR e intervalos de confiança (IC _{95%})	55
Tabela 16 Variáveis incorporadas no modelo multivariado sem tratamento de outliers e com filtro e respetivos valores p, OR e intervalos de confiança (IC _{95%})	56
Tabela 17 Variáveis incorporadas no modelo multivariado em que os valores outliers extremos são considerados como omissos e sem filtro e respetivos valores p, OR e intervalos de confiança (IC _{95%})	57
Tabela 18 Variáveis incorporadas no modelo multivariado em que os valores outliers extremos são considerados como omissos e com filtro e respetivos valores p, OR e intervalos de confiança (IC _{95%})	58

Tabela 19 Variáveis incorporadas no modelo multivariado em que os outliers são substituídos pela média sem outliers e sem filtro e respectivos valores p, OR e intervalos de confiança (IC _{95%})	58
Tabela 20 Variáveis incorporadas no modelo multivariado em que os outliers são substituídos pela média sem outliers e com filtro e respectivos valores p, OR e intervalos de confiança (IC _{95%})	59
Tabela 21 Variáveis incorporadas no modelo multivariado em que os valores outliers são substituídos pelo valor máximo sem os outliers e sem filtro e respectivos valores p, OR e intervalos de confiança (IC _{95%})	60
Tabela 22 Variáveis incorporadas no modelo multivariado em que os valores outliers são substituídos pelo valor máximo sem os outliers e sem filtro e respectivos valores p, OR e intervalos de confiança (IC _{95%})	60

Abreviaturas e símbolos

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

CO – Monóxido de carbono

CO₂ – Dióxido de carbono

COV – Compostos Orgânicos Voláteis

COVT – Compostos Orgânicos Voláteis Totais

EFA - European Federation of Allergy and Airways Diseases Patients Association

EPA – Environmental Protection Agency

HAP – Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos

HR – Humidade Relativas

IC_{95%} - Intervalo de confiança a 95%

IDMEC - Instituto de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (Portugal)

INEGI - Institute of Science and Innovation in Mechanical and Industrial Engineering, Porto, Portugal

LS – Limite superior

LI – Limite inferior

NO₂ – Dióxido de azoto

OMS (WHO) – Organização Mundial de Saúde (World Health Organization)

OR – Odds Ratio

P₂₅ – Percentil 25

P₇₅ – Percentil 75

ppm – Partes por milhão

PM_{2.5} – Partículas em suspensão com diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 2.5 µm

PM₁₀ – Partículas em suspensão com diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 10 µm

QAI – Qualidade do ar interior

SINPHONIE - Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe

UFC – Unidades Formadoras de Colónias

Capítulo 1

Introdução

Introdução

Nas últimas décadas, a incidência de alergias e da asma intensificou-se nos países desenvolvidos e estima-se que 235 milhões de pessoas em todo o mundo sofram de asma (WHO, 2013). A QAI depende da presença e intensidade das fontes de poluentes, da ventilação dos espaços, e da qualidade do ar exterior.

O estudo aqui apresentado contribui para a avaliação da qualidade do ar interior nos espaços mais frequentados por crianças no período de outono e inverno na cidade do Porto. Neste período (e em geral), as crianças passam até 90% do seu tempo em espaços interiores, seja na escola ou em casa. Uma pobre qualidade do ar interior (QAI) com concentração elevada de poluentes, frequentemente superior à do exterior, pode contribuir para um aumento da probabilidade de desenvolvimento de sintomas e doenças respiratórias, sobretudo em crianças.

Nesta dissertação foram utilizadas ferramentas estatísticas procurando modelos explicativos da prevalência de sintomas de asma em crianças de idade escolar usando parâmetros de caracterização da QAI. A base de dados aqui utilizada foi construída no âmbito do projeto “SINPHONIE” coordenado pelo IDMEC. Estes mesmos dados foram já alvo de uma análise no trabalho de uma tese de doutoramento (Madureira, 2014) e são agora explorados utilizando uma nova abordagem de desenvolvimento de modelos de regressão logística multivariada. Modelos diferentes são sugeridos quando os parâmetros da QAI são discriminados pelo tempo de permanência das crianças em casa ou na sala de aula.

No capítulo 2 faz-se o enquadramento do tema desta dissertação. Estudos epidemiológicos sugerem uma forte relação entre a poluição do ar e os seus efeitos na saúde. Daí a necessidade de entender que condições ambientais e quais os diferentes componentes do ar, incluindo poluentes, que potenciam um aumento da probabilidade de desenvolvimento de sintomas e doenças respiratórias.

No capítulo 3 identificam-se os agentes ou parâmetros que caracterizam a QAI e para os quais existem, com maior ou menor força, evidências epidemiológicas e toxicológicas de associação entre a sua exposição e a prevalência de asma. Discriminam-se as fontes e os poluentes apresentados pela OMS como tendo um papel determinante na exacerbação e risco de asma.

No capítulo 4 descreve-se a metodologia seguida. Descreve-se abordagem de construção das várias bases de dados que incluem parâmetros ambientais como o dióxido de carbono, monóxido de carbono, partículas em suspensão, compostos orgânicos voláteis totais, bactérias, fungos, temperatura do ar e humidade relativa.

Introduz-se a análise estatística de construção dos diferentes modelos de regressão logística multivariada associando a prevalência de asma aos fatores ambientais e à exposição a poluentes.

No capítulo 5 descreve-se estatisticamente a população alvo, apresentam-se os resultados dos modelos construídos e a sua análise crítica.

Finalmente no capítulo 6 são apresentadas as conclusões e as perspetivas futuras.

Em anexo 1 apresentam-se os *boxplots para o conjunto de dados em análise e em anexo 2* as publicações e comunicações apresentadas em Congressos internacionais no decorrer deste trabalho.

Capítulo 2

Qualidade do ar

Qualidade do ar

2.1. Poluição do ar e Saúde Pública

2.1.1. Relevância da temática

A Organização Mundial de Saúde (OMS, mais conhecida pela sigla em inglês WHO de World Health Organization) define a poluição do ar como “a contaminação dos ambientes interiores e exteriores por qualquer agente químico, físico ou biológico que modifique as características naturais da atmosfera. Poluição do ar exterior e interior pode causar problemas respiratórios e outras doenças, podendo ser fatais”.

Respirar um ar limpo e de qualidade, não poluído, é um dos requisitos mínimos para a saúde e bem-estar do ser humano (WHO, 2006). São casos severos de poluição atmosférica como o de Londres, em 1952, ao qual foram atribuídas cerca de 4000 mortes prematuras (Marsh, 1963), que impulsionaram os primeiros estudos epidemiológicos e salientaram a necessidade de entender a relação entre a poluição atmosférica e os seus efeitos na saúde. Desde a revolução industrial até aos dias de hoje, com o crescimento industrial e rápida urbanização, verificou-se tanto um aumento como uma intensificação das fontes de poluição e poluentes, tendo a relevância desta temática sido crescente (Dapper, Spohr, & Zanini, 2016). Felizmente, a consciencialização e preocupação da população perante a problemática dos efeitos da exposição à poluição e consequentes efeitos na saúde tem aumentado, pressionando entidades responsáveis para a tomada medidas de controlo de emissões e qualidade do ar (Agência Portuguesa do Ambiente, 2010).

Os efeitos da exposição a poluentes tóxicos podem ocorrer em qualquer gama de concentrações (Nicolau e Machado 2010), afetando milhões de pessoas por todo o mundo, tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento, tendo especial destaque em zonas urbanas industrializadas e de intenso tráfego rodoviário. Os efeitos da exposição interior e exterior, como mostra a figura 1, vão desde manifestações subtis a morte prematura que, de acordo com estimativas da OMS terão sido, só em 2012, da ordem dos 3 milhões (WHO, 2016b).



Figura 1 Riscos de saúde por exposição a poluição atmosférica (Adaptado de WHO (2016))

Casos de asma, alergias, doença pulmonar obstrutiva crônica, problemas cardiovasculares, cancro e intoxicações agudas são exemplos de doenças ou problemas de saúde que estão tipicamente associados à exposição a poluentes existentes no ar. Fora do âmbito desta dissertação, mas não menos importante, importa fazer referência aos impactes negativos dos poluentes nos ecossistemas, ao contributo nas mudanças climáticas e à componente económica: para além dos efeitos diretos por danos na agricultura e edifícios, existem efeitos secundários por impacto na saúde, traduzindo-se no aumento de despesas médicas e redução de produtividade por perda de dias de trabalho (EEA, 2015).

A Organização Mundial de Saúde tem como objetivo principal criar um futuro melhor e mais saudável para toda a população mundial. Atendendo aos números apresentados e possíveis consequências, não é de estranhar que esta organização dê especial atenção ao tema da poluição atmosférica. Neste sentido, a OMS enquanto autoridade diretora e coordenadora em questões de saúde das Nações Unidas e, em conjunto com governos, parceiros de saúde, universidades e setor privado, promove linhas de investigação e posterior divulgação e define normas e padrões (WHO, 2016a).

2.1.2. Grupos de Risco

Embora a exposição seja generalizada, nem todo o indivíduo está igualmente suscetível a sofrer dos efeitos da poluição. Quer pelas condições físicas inerentes à fase da vida ou por consequência de doenças, há grupos que se podem considerar mais propensos ao desenvolvimento de doenças ou problemas de saúde quando expostos a poluentes, são eles as crianças, grávidas, idosos ou pessoas que sofram de uma doença prévia (WHO, 2016).

As crianças requerem especial atenção, principalmente no enquadramento desta dissertação, devido a 3 fatores (Bateson & Schwartz, 2008): **(1)** os pulmões e sistema imunitário ainda não se encontram completamente desenvolvidos. Quando expostos a agentes agressores (poluentes atmosféricos), estão mais vulneráveis e apresentam uma diminuída capacidade de recuperação se o pulmão for danificado; **(2)** estão sujeitas a uma maior dose relativa, pelas horas que passam em ambientes fechados onde, tendencialmente, os níveis de poluentes são mais elevados, e por apresentarem maiores taxas de respiração – para além de terem maiores necessidades respiratórias basais, também são mais ativas fisicamente, o que, quando comparado com adultos, se traduz numa dose maior de poluente por unidade de massa corporal; **(3)** por último, o facto de muitas crianças, tendencialmente, respirarem pela boca e não pelo nariz, faz com que os poluentes penetrem mais fundo no pulmão e, consequentemente, a sua remoção seja de maior dificuldade.

A acrescentar a estes fatores, comparativamente aos adultos, apresentam vias respiratórias mais estreitas. O contacto com agentes poluentes irritantes em pessoas com predisposição a desenvolver reações de hipersensibilidade, atopia, para além da possibilidade de culminar no desenvolvimento de alergias e doenças crónicas, resulta em edema, que em adultos poderá não ter grandes consequências, mas em crianças poderá resultar numa obstrução significativa (WHO, 2008).

2.1.3. Exposição, Dose e Concentração

A discussão sobre poluição no ar e seus efeitos na saúde implica a clarificação da terminologia apropriada, em particular “concentração”, “exposição” e “dose”.

A concentração de um determinado poluente é a quantidade desse poluente por unidade de volume de ar. Normalmente é expressa em massa por unidade de volume, mas pode também recorrer-se ao volume por unidade de volume. Esta é uma característica física do ambiente que varia com o espaço e com o tempo (National Research Council (US) Commission on Life Sciences, 1997).

Exposição é quando ocorre um contacto entre um poluente existente no ar ambiente e a superfície do corpo humano. Esta tanto pode ser externa, se a zona exposta for a pele, ou internamente, no trato respiratório. Exposição (E), expressa em unidades de concentração por unidade de tempo, define-se pela concentração de um determinado contaminante (C) e pelo tempo de exposição (t) tal como apresentado pela equação seguinte (US EPA, 1992):

$$E = \int_{t_1}^{t_2} C(t) dt$$

O termo dose refere-se à quantidade de substância tóxica que é ingerida ou inalada pelo indivíduo e subsequentemente absorvida pelo organismo. Comparando, por exemplo, um adulto e uma criança, ambos expostos à mesma concentração de poluente, como a criança apresenta uma frequência respiratória mais elevada e profunda, a dose de poluente absorvida pelo tecido pulmonar da criança é muito maior (Watson, Bates, & Kennedy, 1988). Dentro do conceito dose, é possível distinguir vários estágios, diferindo na dose efetivamente absorvida entre limites, terminando numa dose efetiva no órgão alvo e que resulta num determinado efeito.

A figura 2 representa, resumidamente, a evolução dos termos aplicados à medida que se avança no percurso respiratório.

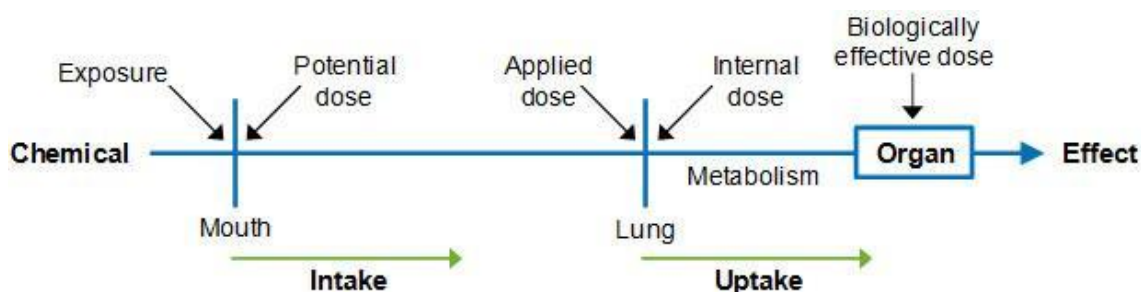


Figura 2 Esquemática do percurso respiratório de um químico (US EPA, 1992)

2.2. Poluição em ambientes interiores

Sabendo que em média cada indivíduo passa cerca de 65 a 90% do seu tempo em espaços interiores, o que para as crianças é maioritariamente dividido entre casa e escola, um dos caminhos para compreender e prevenir problemas de saúde, em especial problemas respiratórios, passa por dar especial atenção à qualidade do ar em ambientes interiores (Annesi-Maesano et al., 2013).

A realização de estudos epidemiológicos, por exemplo estimando o potencial efeito adverso, ou risco, de exposição à poluição do ar, não é tarefa fácil. A longa lista de componentes (poluentes e não poluentes) existentes no ar, a diversidade de fontes emissoras, o número de possíveis interações e variações espaço-temporais de concentrações (Goldberg, 2007), são tudo fatores que contribuem para a complexidade inerente à poluição atmosférica e complicam a perceção dos efeitos produzidos na saúde.

Para ambientes interiores há geralmente maior facilidade em identificar as possíveis fontes de cada poluente, tornando mais eficaz a prevenção de exposição e consequentes problemas de saúde (Breysse et al., 2010). A figura 3 identifica, de acordo com a *United States Environmental Protection Agency* (US EPA), a origem dos principais parâmetros caracterizadores da QAI e aos quais estão ou poderão estar associados problemas de saúde. De uma forma geral, pode-se considerar que a qualidade do ar no ambiente interior é determinada pela mistura de poluentes que nele penetram vindos do ambiente exterior, acrescido de uma combinação entre a geração de produtos das atividades domésticas, emissões originadas por materiais de construção ou mobiliário e de uma reduzida circulação de ar (Madureira et al., 2016), fazendo com que os número e concentração de poluentes no interior seja, em geral, mais levado que no exterior (Agência Portuguesa do Ambiente, 2017).

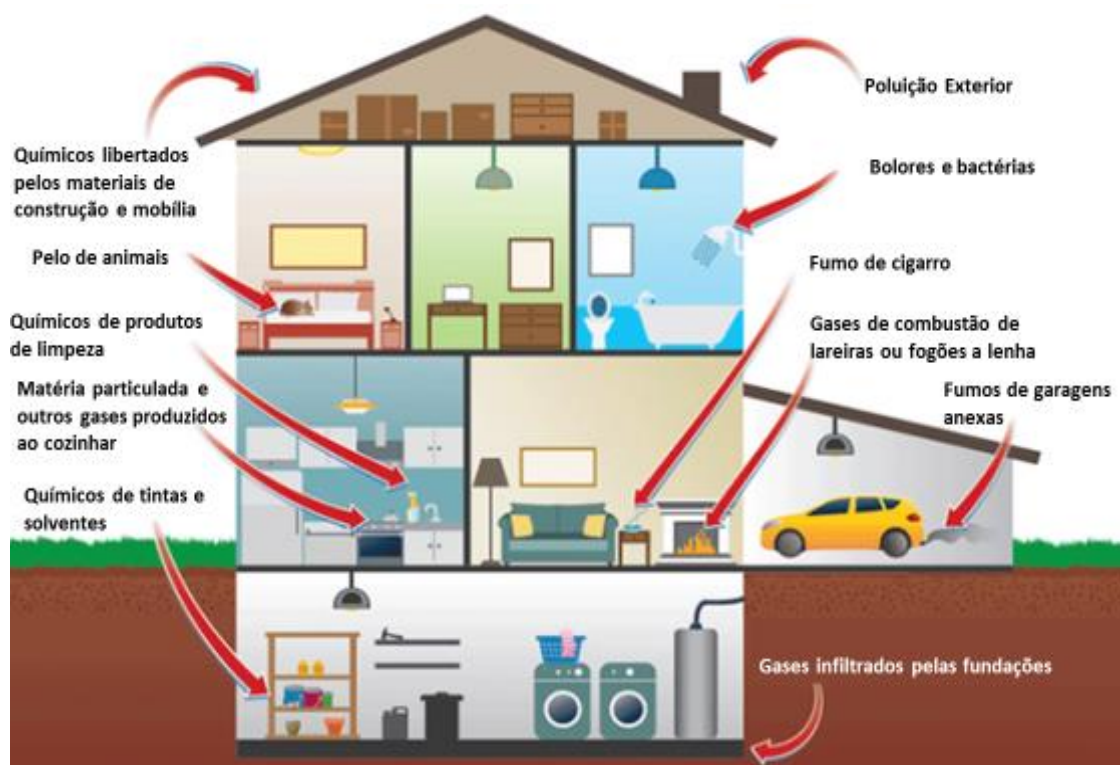


Figura 3 Fontes de poluição interior e exteriores (Adaptado de EPA 2016b)

A maioria do conhecimento toxicológico de poluentes é referente a uma exposição individual. Este conhecimento pode ser usado diretamente em estudos epidemiológicos em que se considere que os poluentes da mistura (ar) atuam de forma independente ou que as suas interações podem ser consideradas desprezáveis, isto é, o efeito de um poluente não é condicionado pela presença de outro (SCHER, 2007). Atendendo ao elevado número de componentes no ar, mediante as condições ambientais existentes, os poluentes têm maior potencial para interagir e assim influenciar os efeitos produzidos, manifestando-se numa combinação de efeitos (Nadadur et al., 2007): aditivos, em que o efeito é a soma dos efeitos individuais de cada poluente; sinérgicos, em que o efeito produzido por um poluente é potenciado pela presença de outro; antagonísticos, efeito produzido é reduzido pela presença de outro.

Capítulo 3

QAI e prevalência de asma

3.1. Asma

Do vasto conjunto de doenças com potencial a desenvolver-se na população sensível por exposição à poluição atmosférica, destaca-se a asma por ser das com maior incidência em crianças e pelo seu peso na população mundial (Eder et al., 2006). De acordo com dados de 2013, estima-se que 235 milhões sofram desta doença respiratória crónica (WHO, 2013), sendo que em Portugal, a sua incidência seja de cerca de 10%. (Almeida, n.d.).

Esta condição de saúde caracteriza-se pela inflamação crónica das vias respiratórias, que causa um estreitamento das mesmas e, por conseguinte, dificulta a passagem do ar. Este mecanismo tende a agravar-se quando na presença de elementos desencadeantes ou “triggers”, que são inalados e aos quais o organismo é sensível, ocorrendo assim a exacerbação da asma, traduzindo-se em dificuldades agravadas em respirar, tosse e/ou pieira (Fundação Portuguesa do Pulmão, n.d.). Evitar a exposição a agentes desencadeadores em conjunto com medicação, permite que asmáticos possam, em geral, ter uma boa qualidade de vida.

Muitas dúvidas existem quanto ao que realmente está na origem da asma, no entanto, o mais consensual, é que esta resulta de uma combinação entre a predisposição genética do indivíduo e da sua exposição a certos fatores ambientais (WHO, 2013).

3.2. Asma e QAI

Vários são os agentes ou parâmetros que caracterizam a QAI e para os quais existem, com maior ou menor força, evidências epidemiológicas e toxicológicas de associação entre a sua exposição e o desenvolvimento ou exacerbação de asma. Tais parâmetros são por isso recorrentemente considerados neste tipo de estudos. A lista seguinte, apresenta segundo a OMS, as fontes e poluentes aceites como tendo um papel determinante na exacerbação e risco de asma.

- **Fumo de tabaco (exposição ativa ou passiva)** – A exposição aos componentes tóxicos no fumo do tabaco, que contém mais de 4000 substâncias, está associada ao aumento da frequência e severidade dos ataques de asma (WHO/Europe, 2000). Para além dos efeitos na asma, é conhecido o efeito cancerígeno do fumo do tabaco e para os quais não se considera haver níveis de exposição livres de riscos para a saúde (European Environment and Health Information System, 2007).

- **Fumo de queima de biomassa** – Ainda que a queima de biomassa seja amplamente usada, ganha especial relevância em países em desenvolvimento, nos quais o recurso a este método para cozinhar e aquecimento é mais frequente. Da queima, uma vez que não se trata de uma reação complexa, resultam, entre outros, poluentes como monóxido de carbono, óxidos de azoto, matérias particuladas e certos compostos orgânicos voláteis que são exacerbadores conhecidos de problemas de saúde respiratórios e asma (Naeher et al., 2007).

- **Alergénicos** – Partes do corpo e excrementos de ácaros e baratas, pelos, saliva, urina de animais de estimação são os principais agentes alérgicos. Quando a eles expostos, o organismo deteta proteínas estranhas e reage como se de um agente agressor se tratasse, ocorrendo uma reação alérgica e exacerbando a asma (EPA, 2016).

- **Químicos irritantes** – Desta categoria fazem parte substâncias como os compostos orgânicos voláteis. Estes poluentes são sobretudo libertados de materiais de construção e mobiliário, práticas e usos durante a ocupação dos espaços e sua manutenção, estando normalmente presentes em produtos de limpeza, pinturas, adesivos, pesticidas, cosméticos, ambientadores, combustíveis fósseis etc.

- **Bolores e Fungos** – aglomerado fúngico que se reproduz através da libertação de esporos. Esporos esses que, quando inalados, são exacerbadores de asma.(EPA, 2016).

- **Poluentes exteriores** – O ar que se respira no interior de espaços fechados é retirado do ambiente exterior, assim, quando o ar exterior não é um ar limpo, este torna-se uma fonte de poluição interior (Madureira, 2014). As concentrações sentidas no exterior dos principais poluentes, como as matérias particuladas ($PM_{2,5}$ e PM_{10}), ozono, óxidos de azoto e enxofre, monóxido de carbono, definirão os níveis mínimos de poluentes no interior (WHO, 2008) e serão tanto maiores quanto a distância às fontes exteriores (WHO, 2010). Para além das indústrias, centrais térmicas de produção de eletricidade e agricultura, a maior contribuição para a poluição exterior, e consequentemente interior, é dada pelos transportes (EEA, 2015). As substâncias mencionadas são irritantes e, quando expostas a asmáticos, pode levar a um aumento da reatividade brônquica e, em crianças muito novas, aumentar o risco de infeções (EPA, 2016).

Melhorias na qualidade do ar interior mais eficazes são conseguidas quando, em conjunto com um comportamento responsável, há uma atuação nas fontes emissoras de poluentes, como combustões, materiais de construção, mobiliário e produtos de consumo. Medidas de controlo em combustões são por exemplo a escolha de tecnologias de produção de energia e materiais de queima mais limpos e eficientes, em detrimento do uso de carvão, biomassa, gás propano, butano e natural. Dentro das combustões, inclui-se a queima de tabaco, facilmente controlável por uma mudança de comportamento, evitando fumar dentro de casa (WHO 2016b). Para os restantes casos, o principal método de controlo de emissões recai sobre uma escolha consciente dos materiais e produtos. Materiais certificados, que obedeçam a regras de construção e instalação e com baixas emissões de poluentes. Quando não necessários, deve proceder-se à sua eliminação ou, por exemplo para tintas ou outros materiais de construção, que podem voltar a ser usados, garantir que o seu armazenamento é feito longe de espaços frequentados por pessoas e com os recipientes selados (Minnesota Department of Health, n.d.). Na categoria produtos de consumos incluem-se, entre outros, os produtos de limpeza, cosmética, ambientadores e impressoras a laser.

A segunda estratégia aponta para as melhorias na ventilação de ar. Ventilação refere-se ao movimento do ar do exterior para o interior e pode ocorrer naturalmente, abrindo portas e janelas, ou forçadamente, com recurso a sistemas de ventilação mecânica. Para além de ter um papel no controlo da temperatura, a ventilação remove ou dilui os

poluentes com origem no interior. No entanto deve ser cuidadosamente pensada se existirem fontes de poluição exteriores nas redondezas (EPA 2016c).

Por último, existem os dispositivos de limpeza do ar, que são equipamentos com capacidade de reduzir os poluentes existentes no ar através de processos de adsorção ou filtração.

3.3. Asma e parâmetros analisados

Várias associações entre o desenvolvimento e exacerbação dos sintomas de asma e parâmetros caracterizadores da QAI foram já reportadas, no entanto, a incerteza em redor das suas causas permanecem. À exceção de animais, fumo de tabaco e outras fontes de combustão, exposição aos fatores de risco tanto pode ocorrer em ambiente escolar como no doméstico (Madureira, 2014). Em seguida é apresentado o conhecimento existente para os parâmetros químicos, físicos e microbiológicos abordados nesta dissertação que justificam a sua inclusão na análise.

Incluídos nos parâmetros químicos estão os compostos orgânicos voláteis (COVs) e o monóxido de carbono (CO). A Organização Mundial de Saúde, na sua publicação *WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants* (2010) seleciona e define limites de exposição a poluentes interiores para os quais existem evidências epidemiológicas e toxicológicas de efeitos negativos na saúde humana. Alguns COVs como o benzeno, tricloroetileno, tetracloroetileno, formaldeído e naftaleno e o CO estão contemplados nesta seleção. Outros COVs como o tolueno, xilenos (*o*-, *m*-, *p*-), acetaldeído e estireno, para os quais existem evidências incertas ou não suficientes, são apenas indicados para futura investigação enquanto poluentes interiores. O projeto INDEX, também numa tentativa de estabelecer limites de exposição interior, para além dos poluentes já referidos, inclui também os COVs limoneno e α -pineno como poluentes interiores relevantes (Kotzias, 2005). De uma forma geral, a presença destes poluentes no ambiente interior resulta da utilização de certos materiais de construção, mobiliário e produtos de consumo e/ou de processos de combustão tanto no interior (fumo de tabaco, aquecimento, cozinhar e queima de velas ou incensos) como no exterior (gases de escape de veículos).

Para além da OMS no seu *WHO guidelines for indoor air quality* (2010), que diz existirem evidências, ainda que limitadas, da relação entre exposição ao CO e o risco de asma, outros estudos, tendo por base medições exteriores, sugerem um maior risco de desenvolvimento de asma em crianças em idade escolar para o aumento das concentrações de CO (Hwang et al., 2005; Yu et al., 2000).

Relativamente aos COVs, estes podem ser irritantes, tóxicos ou mesmo cancerígenos (Madureira et al. 2016). Alguns artigos de revisão indicam, para o caso do formaldeído, a existência evidências de associações entre a exposição a este composto e asma em crianças (Golden & Holm, 2017; McGwin et al., 2010). Um estudo australiano, associou a prevalência de asma em crianças entre os 6 meses e os 3 anos com a exposição doméstica a COVs, tendo os resultados indicado para o benzeno, tolueno, *m*- e *p*-xileno um risco de asma acrescido (Rumchev et al., 2004). De forma geral, evidências de associação entre COVs e o risco de desenvolver ou exacerbar asma são ainda de fraca qualidade ou inconsistentes, sendo por isso necessárias investigações adicionais (Nurmatov et al., 2015; Patelarou et al., 2015).

Os parâmetros físicos considerados relevantes para este estudo foram as matérias particuladas (PM_{2.5} e PM₁₀), dióxido de carbono (CO₂), temperatura, humidade relativa e taxa de ventilação. Matéria particulada ou partículas em suspensão (PM) é um dos principais componentes da poluição do ar interior, existindo evidências consistentes do seu impacto negativo na saúde, afetando predominantemente os sistemas respiratórios e cardiovasculares (WHO, 2006). Podem ter uma origem natural, como é o caso dos pólenes, esporos, bactérias, pelos de animais ou poeiras, ou então uma origem antropogénica resultante de processos de combustão. Em espaços interiores, a sua presença é mais elevada, pois para além da penetração de partículas exteriores, atividades como fumar, cozinhar ou atividades de limpeza (re-suspensão) tem um forte contributo (Breyse et al., 2010). PM₁₀ engloba todas as partículas com diâmetro menor ou igual a 10 µm. PM_{2.5}, partículas finas, refere-se a partículas com diâmetro inferior ou igual 2.5 µm e está normalmente associada a processos de combustão (WHO, 2016). Especial atenção é dada às PM_{2.5} uma vez que penetram mais fundo no sistema respiratório (WHO, 2006), traduzindo-se em efeitos na saúde mais sérios (Pope et al., 2002).

Estudos epidemiológicos demonstram associação entre a prevalência de asma e a exposição à poluição exterior associada ao tráfego, sendo as PMs um parâmetro analisado (Clark et al., 2010; Gehring et al., 2010; Jantunen et al., 2011). Annesi-Maesano et al. (2012) encontrou associações entre o risco de asma e concentrações elevadas de PM_{2.5} no interior de salas de aula. Já Diette et al. (2007), considerando na mesma a possibilidade de exacerbação, não encontrou associação para a exposição doméstica de PMs e a prevalência de asma.

O CO₂, apesar de não ser considerado um poluente, é um bom indicador de poluição e ventilação interior (Madureira, 2014). Foram poucos os estudos que tentaram relacionar o CO₂ com efeitos na saúde, no entanto foi associado positivamente a ataques de asma (Mi et al., 2006).

A temperatura, humidade relativa e ventilação são fatores ambientais relevantes para estes estudos, uma vez que são bons indicadores da qualidade do ar interior. Condições ideais de temperatura (entre os 20 e 24 °C no inverno), humidade relativa (entre os 30 e 70%) e ventilação previnem, por exemplo, a formação de zonas de condensação, não favorecendo o desenvolvimento de colónias de fungos e bactérias.

A exposição a agentes microbiológicos (fungos e bactérias) foi um dos parâmetros incluídos no estudo. Poluição microbiológica é um elemento importante da poluição interior. Os agentes microbiológicos mais relevantes são fungos, bactérias, pólenes e esporos de plantas, sendo os dois últimos principalmente provenientes do exterior. Quando as condições de humidade relativa são elevadas e as taxas de ventilação inadequadas, favorece-se o desenvolvimento destes agentes. A OMS, na sua publicação *WHO Guidelines for indoor air quality: dampness and mould* (2009), após revisão e avaliação das evidências científicas existentes, indica que existem evidências suficientes de associação entre o desenvolvimento e exacerbação de asma por exposição a agentes microbiológicos.

A tabela 1 apresenta os valores limites de exposição aos poluentes previamente mencionados. Os limites apresentados são os sugeridos pelas diretrizes da OMS para a qualidade do ar ou, na sua ausência, as indicadas pelo projeto INDEX.

Tabela 1 Valores limite de exposição

Poluente	Valores limite
Benzeno	Sem exposição livre de risco
Tolueno	260 µg/m ³ (1 semana)
α-pineno	450 µg/m ³ *
Limoneno	450 µg/m ³ *
Xilenos	200 µg/m ³ *
Tricloroetileno	Sem exposição livre de risco
Tetracloroetileno	250 µg/m ³ (anual)
Naftaleno	10 µg/m ³ (anual)
Estireno	260 µg/m ³
Formaldeído	100 µg/m ³ (30 minutos)
Acetaldeído	-
CO	7 mg/m ³ (24 horas) 10 mg/m ³ (8 hora) 35 mg/m ³ (15 minutos) 100 mg/m ³ (15 minutos)
PM2.5	25 µg/m ³ (24 horas) 10 µg/m ³ (anual)
PM10	50 µg/m ³ (24 horas) 20 µg/m ³ (anual)

*Limites definidos pelo projeto INDEX

Capítulo 4

Metodologia

4.1 Design do estudo

Um estudo relacionando a exposição à poluição do ar interior e prevalência de sintomas associados à asma em crianças com idade escolar entre os 8 e os 10 anos deve ter em consideração não só as medições associadas a poluentes e ventilação mas também o período de tempo que estas passam na escola e em casa. Ao longo deste trabalho procurou-se uma abordagem que enquadrasse o tempo de permanência das crianças na escola e em casa. Num período de outono e inverno e na área metropolitana do Porto, estima-se que as crianças permaneçam cerca de 8 horas na escola e as restantes 16h do dia em sua casa.

A base de dados utilizada neste trabalho de dissertação foi compilada e utilizada numa tese de doutoramento sobre a influência da qualidade do ar interior na asma e alergias em crianças (Madureira, 2014) enquadrada no projeto “SINPHONIE” coordenado pelo IDMEC. A abordagem aqui explorada difere dos trabalhos publicados anteriormente (Madureira, 2014) na medida em que estes não incluíram a preocupação em diferenciar os períodos de permanência em casa e na escola. Nesta abordagem inovadora são identificados e contabilizados o período de registo da qualidade do ar interior na escola e em casa. Estatisticamente isto foi implementado através de uma filtragem seletiva da base de dados referida anteriormente e adquirida em período de aquecimento entre 2011-2013 na área metropolitana do Porto. Para a permanência na escola contabilizou-se o período letivo de segunda a sexta-feira entre as 8h30m da manhã e as 16h30m da tarde e para o período de permanência em casa contabilizou-se o período de registo da qualidade do ar interior de sábado a sexta-feira entre as 16h30m da tarde e as 8h30m da manhã seguinte.

Os detalhes da recolha de dados encontram-se descritos na tese de doutoramento já referida (Madureira, 2014). Sumariamente, o trabalho apresentou duas fases:

- Numa primeira fase, foi feito um estudo transversal em 20 escolas, considerando 73 salas de aula e envolvendo crianças com idades entre 8 e 10 anos. Nesta etapa, foram feitos inquéritos aos pais e medições de qualidade do ar interior nas salas de aula.
- Numa segunda fase e numa tentativa de relacionar a qualidade do ar interior com a prevalência de asma e alergias em crianças, é apresentado um estudo caso-controlo. Dos inquéritos realizados aos pais na primeira fase, resposta positiva a pelo menos uma das perguntas “O seu filho alguma vez foi diagnosticado com asma por um médico?” e “Nos últimos 12 meses, o seu filho teve pieira no peito?” foi fator de seleção para o grupo caso. A resposta negativa a ambas as perguntas determinou os controlos. Por questões de tempo e de logística apenas foram envolvidas 68 crianças, i.e., consideradas medições em 68 casas, pertencendo 38 destas a crianças asmáticas (grupo caso) e 30

a crianças não asmáticas (grupo controlo). Estes registos complementam as medições feitas nas salas de aula das 68 crianças.

4.2 Medições da qualidade do ar interior

Para cada um dos ambientes interiores, escola e casa, os parâmetros sujeitos a medição, agrupados em químicos, físicos e agentes biológicos, foram os apresentados na tabela 2, sendo que cada um foi registado/analísado recorrendo a diferentes técnicas e procedimentos que são apresentados de seguida. Poluentes interiores reconhecidos como Dióxido de Azoto (NO₂), Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP), radão e alergénicos (WHO, 2006) não foram tidos em conta no estudo por razões de custo-eficácia e de tempo.

Tabela 2 Listagem de parâmetros para os quais foram realizadas medições

Químicos	Físicos	Agentes microbiológicos
Benzeno	PM _{2.5} e PM ₁₀	Bactérias
Tolueno	Temperatura	Fungos
m/p-xileno, o-xileno	Humidade Relativa	
d-limoneno	Taxa de ventilação	
α-pineno	CO ₂	
Tricloroetileno		
Tetracloroetileno		
Naftaleno		
Estireno		
Formaldeído		
Acetaldeído		
CO		

A amostragem nas escolas decorreu no período semanal de escola, desde segunda-feira de manhã até sexta-feira à tarde, sob condições representativas de ocupação e uso das salas de aula, como por exemplo, sem alterar rotinas de limpeza. A recolha de amostras aconteceu a uma altura de 1-1.5 metros, correspondente à zona de respiração e num local nunca inferior a 1 m da parede, porta ou sistema de aquecimento e sempre que possível longe do quadro de escrita.

Relativamente ao ambiente casa, as medições tiveram lugar, sempre que possível, no quarto das crianças. Em caso de impossibilidade, a sala foi o lugar escolhido. A

recolha de amostras seguiu as mesmas regras usadas nas escolas. Às famílias foi pedido que mantivessem as mesmas rotinas de ocupação da casa e quarto.

Parâmetros Químicos

As amostras dos compostos orgânicos voláteis selecionados (benzeno, tolueno, m/p-xileno, oxileno, d-limoneno, a-pineno, tricloroetileno, tetracloroetileno e naftaleno) foram recolhidas por um sistema passivo de tubos de aço inoxidável contendo Tenax® TA, o qual adsorve os compostos. Posteriormente, em laboratório, os tubos Tenax foram dessorvidos termicamente e quantificada a presença de cada composto por recurso a cromatografia gasosa acoplada a detetor de espectroscopia de massa (GC-MS). A concentração total de COVs foi obtida usando o fator de resposta ao tolueno e, as concentrações calculadas pela soma dos COVs eluídos entre hexano e decahexano (inclusive), expressos em termos de concentração equivalentes de tolueno. De forma a haver reprodutibilidade e controlo da qualidade dos resultados e amostras, estas foram recolhidas em duplicado, e um branco foi usado, isto é, um tubo de amostragem que é transportado em conjunto com o equipamento de amostragem mas que não é exposto ao ar, para se conseguir fazer o controlo de possíveis contaminações no processo. A amostragem decorreu, no caso das escolas, de segunda-feira de manhã até sexta-feira à tarde e, no caso das habitações, de sábado a sexta-feira. Os limites de deteção para os compostos analisados foram $1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para o tolueno, $1.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para p-xileno, $2.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para limoneno, $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para tetracloroetileno e $4.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para naftaleno.

As amostras de aldeídos (formaldeído e acetaldeído) foram recolhidas por recurso a um dispositivo passivo de amostragem, Radiello®. Este dispositivo consiste num cartucho, contendo uma substância 2,4-DNPH (2,4-dinitrophenylhydrazine) que reage com os aldeídos, formando e retendo um produto da reação (2,4-dinitrophenyllhydrazones). Posteriormente e em laboratório, por cromatografia líquida de alta performance (HPLC) em conjunto com um detetor UV, foi possível identificar e quantificar os aldeídos presentes no local de amostragem. À semelhança dos COVs, a amostragem decorreu, no caso das escolas, de segunda-feira de manhã até sexta-feira à tarde e, no caso das habitações, de sábado a sexta-feira. Amostras em duplicado e um branco foram recolhidos uma em cada 3 escolas para garantir reprodutibilidade e qualidade sendo os limites de deteção dos aldeídos em estudo $0.075 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para o formaldeído e $0.178 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para o acetaldeído. Nas habitações foram recolhidas amostras em duplicado uma em cada 3 casas e um branco numa em cada 3 a 5 casas tendo os limites sido alterados para $0.0778 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para o formaldeído e $0.1653 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para o acetaldeído.

Ainda dentro do grupo dos parâmetros químicos, as concentrações de monóxido de carbono (CO) foram obtidas pela medição contínua num monitor IAQ-CALC (modelo 7545, TSI, Inc). Este dispositivo contém sensores eletroquímicos para CO, na amplitude 0-500 ppm, com precisão de 3% ou ± 3 ppm (3.4 mg/m^3). As medições decorreram durante 5 dias nas escolas e 7 dias nas habitações, ambas com intervalos de amostragem de 5 em 5 minutos.

Parâmetros físicos

Concentrações de partículas em suspensão (PM_{2.5} e PM₁₀) foram medidas continuamente, com dois fotómetros TSI DustTrak DRX (modelo 8533; TSI Inc.), que quantificam as partículas com um fotómetro a laser, através do fenómeno de dispersão da luz. A amplitude de medição é 0.001-150 mg/m³ e com precisão de $\pm 0.1\%$ na leitura de 0.001 mg/m³. As medições tiveram a duração de 24 horas com intervalos de leitura de 1 minuto.

O equipamento de medição do CO₂ foi o mesmo utilizado na medição de CO, IAQ-CALC (modelo 7545, TSI, Inc). O aparelho possui um sensor não dispersivo de infravermelhos, na amplitude de 0 a 5000 ppm, com precisão de leitura de $\pm 3\%$ ou ± 50 ppm. As medições decorreram durante 5 dias nas escolas e 7 dias nas habitações, ambas com um intervalo de medição de 5 minutos.

A taxa de ventilação (em l/s por pessoa) foi estimada pelo decaimento da concentração de CO₂ interior (emitido pelos ocupantes) quando o espaço não se encontra ocupado.

Para os parâmetros temperatura e humidade relativa, à semelhança do CO e CO₂, as medições foram realizadas com o equipamento IAQ-CALC (modelo 7545, TSI, Inc). O sensor de temperatura tem uma amplitude de 0 a 60°C, com precisão de $\pm 0.6^\circ\text{C}$. O sensor de humidade relativa apresenta uma amplitude de 5 a 95 % de humidade relativa com precisão de $\pm 3\%$. As medições decorreram durante 5 dias nas escolas e 7 dias nas habitações, ambas com um intervalo de medição de 5 minutos.

Agentes Microbiológicos

A amostragem de agentes microbiológicos (fungos e bactérias) ocorreu por impactação, utilizando um equipamento de amostragem volumétrica (Airlideal™, bioMérieux SA) em que um determinado volume, com caudal de passagem de ar conhecido, é impactado diretamente num meio de cultura. Os meios de cultura *tryptic*

soy agar (TSA) e *malt extract agar* (MEA) foram os usados para quantificar fungos e bactérias, respetivamente.

Após impactação, as amostras foram incubadas em condições específicas. Para bactérias, temperatura de incubação foi $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 48 ± 3 horas e para fungos, a uma temperatura de $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ durante 72 ± 3 horas. Finda a incubação, são contadas as colónias de fungos e bactérias e expressas as suas concentrações em unidades formadoras de colónias por metro cúbico de ar (UFC/m³).

4.3 Análise dos valores das medições e construção das bases de dados

Os valores obtidos das medições foram analisados com o propósito de potenciar informação e adaptar ao tipo de análise desejada. Tomando por base os valores utilizados na análise estatística de Madureira (2014) cada parâmetro químico, físico e agente microbiológico cujas medições foram registadas, tanto em casa como na sala de aula de cada criança, fica associado a uma variável. No entanto, para esta análise estatística construiu-se uma nova base de dados com um número de alterações e/ou introduções:

1. relativa à contribuição dos valores das concentrações medidas inferiores ao limite de deteção (LD) do equipamento. Numa amostra em que se contabilizam 68 crianças sendo 38 com sintomas de possível doença respiratória e 30 sem sintomas, considerou-se não poderem ser descartadas medições com concentrações inferiores ao LD, porque assim se tornaria, para algumas das variáveis, insignificante o estudo estatístico. Optou-se assim, por fixar tais valores como 0, nomeadamente para os COVs, não os excluindo da análise estatística e assumindo desde já a introdução de uma margem de erro associada (Helse, 2006). No caso dos aldeídos, todos os valores registados, tanto em casa como na escola, estavam acima do LD.

2. relativo à definição de uma nova variável na qual se assume a existência de outros compostos orgânicos voláteis no ar ambiente além dos medidos individualmente e que potencialmente apresentem um risco associado de exacerbação de asma. Esta nova variável definida como $Outros\ COVs = COVT - \sum COV_i$, onde $COVT$ contabiliza os compostos orgânicos voláteis totais medidos e COV_i os compostos orgânicos voláteis registados individualmente. Para os casos em que $\sum COV_i$ (soma dos registos dos COVs individuais) é maior que o registo do $COVT$, i.e., em que resultam valores negativos para os outros COVs, considerou-se o seu valor como sendo zero. Na presença de valores de concentração os resultados negativos não têm significado físico. Esses valores negativos podem justificar-se pela complexidade técnica envolvida no processo de

medição e das margens de erro expectáveis na determinação dos COV individuais e dos COV totais.

3. refere-se ao tipo de amostragem feita para as variáveis $PM_{2.5}$, PM_{10} , CO_2 , CO , temperatura e humidade relativa, tanto em casa como na escola. A existência do registo das medições a cada 5 minutos permite a aplicação de uma filtragem com o objetivo de considerar apenas as horas de medição em que a criança está na escola e em casa, e baseada nos tempos de residência estimados em cada um dos ambientes interiores, casa e escola, ser, respetivamente, 8 horas e 16 horas, tal como anteriormente referido. Com esta filtragem, para cada criança foi calculada a média de todos os registos na escola entre as 8h30m e as 16h30m e a média dos registos em casa entre as 16h30m e as 8h30m do dia seguinte.

4. ao considerar as medições em casa e na escola para avaliar a associação com possíveis sintomas de asma e sabendo que o tempo de residência em da criança em cada espaço é diferente, não é aceitável atribuir contribuições iguais aos dois ambientes. Assim, as médias dos registos diários de medições por um valor de concentração, o que exclui as variáveis temperatura, humidade relativa e ventilação, foram multiplicados pela estimativa do tempo de exposição. Tendo em mente a definição de exposição apresentada no **capítulo 2.1.3**, as novas variáveis passam a identificar valores de exposição diária em vez de simples concentrações médias.

A análise estatística pretende determinar modelos multivariados associando a prevalência de asma com fatores ambientais e exposição a poluentes. Foram assim traçados 2 caminhos:

- Um considerando todas as introduções previamente mencionadas incluindo a filtragem, i.e. incluído o passo (3), considerados os registos feitos em casa ou na escola apenas durante o tempo de permanência;
- Outro, em que a análise não contempla a chamada filtragem considerando para cada criança, todos os registos feitos em casa ou na escola.

Para cada caminho, foi feita uma primeira análise estatística descritiva e exploratória para a caracterização das variáveis da amostra e identificação dos valores aberrantes (*outliers*). Foram considerados *outliers* os dados observacionais consideravelmente diferentes, em termos numéricos, das outras observações na amostra que se encontrassem a uma distância anormal dos valores centrais, sendo considerado anormal o valor afastar-se mais do que 1.5 amplitudes interquartílicas além, ou aquém, do percentil 75 ou percentil 25, respetivamente. Dentro dos valores aberrantes pode-se distinguir os *outliers* moderados superiores e inferiores e os *outliers* extremos superiores e inferiores, que são definidos pelas equações seguintes.

Outlier Superior: $V \geq Q_3 + 1,5 \times AIQ$

Outlier Inferior: $V \leq Q_1 - 1,5 \times AIQ$

Extremo superior: $V > Q_3 + 3 \times AIQ$

Extremo inferior: $V < Q_1 - 3 \times AIQ$

em que V corresponde a um valor da variável em estudo, AIQ a amplitude interquartil, sendo Q_1 e Q_3 o primeiro e terceiro quartil, respectivamente.

Para cada um dos caminhos, com e sem filtragem, 4 análises/modelos foram desenvolvidas (um total de 8 bases de trabalho), diferindo em considerações feitas sobre aos valores aberrantes superiores:

- (1) a base de dados não sofreu qualquer tratamento adicional;
- (2) os valores extremos superiores foram considerados como omissos;
- (3) os valores *outliers* superiores são substituídos pelo valor médio, excluído os *outliers* superiores;
- (4) os valores *outliers* superiores são substituídos pelo valor máximo não considerando valores *outliers* superiores.

Na figura 4 é apresentado um diagrama da metodologia aplicada.

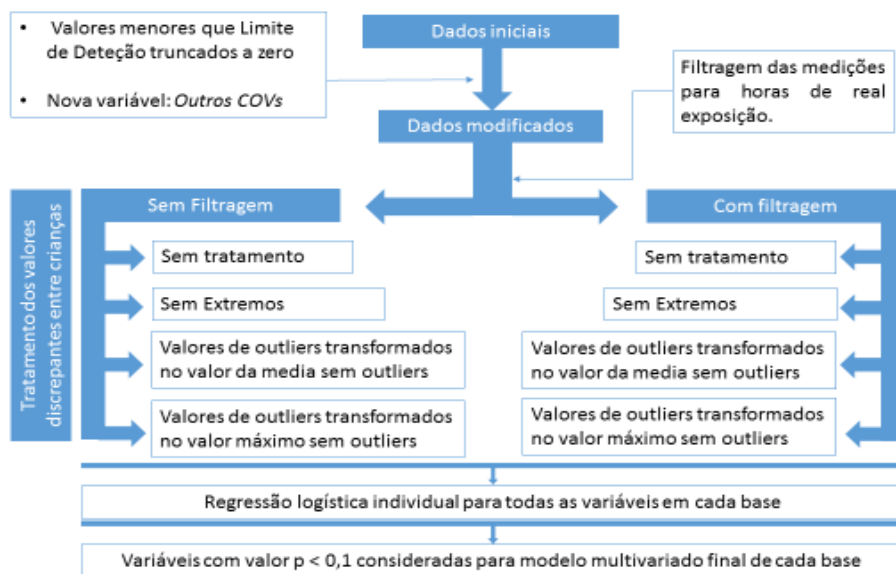


Figura 4 Diagrama da metodologia aplicada

Quando o outlier faz parte dos dados ou a sua causa não é clara Judd & McClelland, (1989) defendem a sua remoção, para obter a estimativa mais real possível de parâmetros da população (Barnett & Lewis, 1994). Contudo, nem todos os investigadores são dessa opinião (Orr et al. 1991), considerando que a decisão deve ser fundamentada na experiência e na intuição. Outra alternativa é a truncatura, onde *outliers* são substituídos pelo maior (ou menor) valor razoável. Através da truncatura a

ordenação relativa dos dados é mantida e os valores mais altos ou mais baixos continuam a ser os pontos mais altos ou mais baixos.

Em anexo 1 apresentam-se os *boxplots* das variáveis em análise onde facilmente se visualizam os *outliers* e extremos, os quais foram objeto de tratamento.

4.4. Análise estatística

O tratamento estatístico processou-se em três fases distintas:

1ª fase - observação crítica e preparação prévia dos dados;

2ª fase - análise descritiva e por fim

3ª fase - a análise inferencial, onde se procedeu à realização de testes estatísticos de associação entre as variáveis do estudo.

A análise estatística (Maroco, 2003) foi realizada com o programa Statistical Package for the Social Sciences (IBM SPSS), versão 23 e todos os testes realizados neste estudo utilizaram um nível de significância de 0,05 ou 0,10.

As informações relativas às crianças foram inseridas numa base de dados e foi efetuada uma análise estatística descritiva e exploratória para a caracterização da amostra. Na análise descritiva utilizou-se, nas variáveis qualitativas, a frequência absoluta (n) e nas variáveis quantitativas as seguintes medidas sumárias, a média (m), desvio padrão (dp), a mediana (me), quartis (P_{25} e P_{75}), mínimo e máximo.

Um dos objetivos deste trabalho é procurar associações entre variáveis de medição da qualidade do ar interior e a prevalência de asma entre crianças de idade escolar. Em estatística, os testes de normalidade são usados para determinar se um conjunto de dados de uma dada variável aleatória, é bem modelada por uma distribuição normal ou não. Assim, começou-se por verificar a possível existência de normalidade das populações em análise

O teste de Mann-Whitney é um teste não paramétrico que permite a comparação entre duas amostras independentes comparando o centro de localização das duas amostras, como forma de detetar diferenças entre as duas populações correspondentes. Este teste foi utilizado repetidas vezes comparando os valores das variáveis associadas à qualidade do ar interior para o grupo de teste (asma) e para o grupo de controlo.

Finalmente, a regressão logística é uma técnica estatística que tem como objetivo produzir, a partir de um conjunto de observações, um modelo que permita prever valores tomados por uma variável categórica a partir de uma série de variáveis explicativas contínuas e/ou categóricas. Para avaliar possíveis associações individuais entre as variáveis e a ocorrência de asma, começou por fazer-se uma análise de regressão logística simples. Depois, todas as variáveis com valor de prova (p) <0,10 observadas na análise simples foram incluídas no modelo de regressão logística múltipla, ou

adicionalmente todas as variáveis que, na ausência de associação independente fossem consideradas pertinentes. A qualidade do ajustamento ao modelo foi avaliada pelos testes Hosmer and Lemeshow.

A análise de regressão logística múltipla foi realizada de acordo com o modelo hierarquizado sendo utilizado o método stepwise forward selection de Wald, iniciando o modelo pela variável com maior significância estatística na análise bivariada e, em seguida, acrescentando as outras variáveis, uma a uma, por ordem decrescente de significância estatística. Estes modelos permitem também calcular a estatística de chances OR (*Odds Ratio*) ou a probabilidade de ocorrência de um evento. Neste trabalho, o OR permite-nos relacionar a ocorrência de asma por exposição a certo parâmetro por comparação entre o grupo controlo e grupo caso.

Capítulo 5

Resultados e Discussão

Resultados e Discussão

5.1. Descrição população de estudo

A tabela 3 descreve a amostra deste estudo pelos parâmetros idade e género. Apesar de não ser o foco do estudo, é de salientar a predominância da asma em crianças do sexo masculino, à semelhança de estudos já realizados (Almqvist, Worm, & Leynaert, 2008).

Tabela 3 Descrição da amostra de estudo

	Asmáticos (n=38)		Não Asmáticos (n=30)	
Idades*	8,5 (7-10 anos)		8,3 (7-10 anos)	
Género	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino
	29	9	13	17

*Idades médias

5.2. Caracterização do ar interior: casa e escola

A comparação do ar interior em casa e na escola para os grupos caso e controlo foi iniciada utilizando estatísticas sumárias de todos os parâmetros químicos, físicos e de conforto e ainda os biológicos medidos. Para além da média e desvio padrão, incluiu-se também o mínimo, o máximo, a mediana e os percentis 25 e 75. Para todas as variáveis foi questionada a existência de normalidade da distribuição. Assim, para testar a normalidade optou-se por usar o teste de Shapiro-Wilk, por se tratar de um teste de ajustamento específico para a distribuição normal e conhecido por ter uma boa performance em amostras reduzidas ($n < 30$). Tal como seria de esperar dadas as assimetrias observadas nas distribuições das variáveis em estudo, para nenhuma das variáveis foram encontradas condições para assumir a normalidade.

Para avaliar diferenças de distribuição das variáveis em estudo entre os grupos caso e controlo recorreu-se ao teste de Mann-Whitney para $\alpha = 0,05$

As tabelas 4 e 5, referentes aos ambientes interiores casa e escola, respetivamente, apresentam as estatísticas sumárias. Dada a inexistência de normalidade de distribuição, para além da média e desvio padrão, incluiu-se também o mínimo, o máximo, a mediana e os percentis 25 e 75. Para avaliar diferenças de distribuição entre os grupos caso e controlo, incluiu-se, na última coluna da tabela, o valor p do teste não-paramétrico de Mann-Whitney para os parâmetros químicos, físicos e biológicos medidos.

Neste tipo de investigações, o mais usual é apresentar os níveis de poluentes no interior em forma de concentração média e não como uma exposição. Assim, de forma a facilitar possíveis comparações entre estudos, os valores apresentados de seguida são valores de concentração, sendo posteriormente, para os modelos, utilizados valores de exposição, isto é, tendo em conta o fator tempo de exposição.

As estatísticas sumárias e resultados do teste Mann-Whitney, apresentados na tabela 6, dizem respeito às variáveis a que é possível aplicar o filtro. Recorde-se que com este filtro, para cada criança foi calculada a média de todos os registos na escola entre as 8h30m e as 16h30m e a média dos registos em casa entre as 16h30m e as 8h30m do dia seguinte, tal como descrito em **4.3.**. As variáveis temperatura (T), humidade relativa (HR) e exposição a CO₂, CO, PM_{2.5} e PM₁₀ sem filtro e com filtro são apresentadas em conjunto para facilitar comparações e avaliar efeito da aplicação do filtro.

Tabela 4 Estatística sumária dos parâmetros químicos, físicos e microbiológicos do ar interior em casa

Casa	Não Asmático (N total=30)								Asmático (N total= 38)								p ¹
	n	Média	D.P.	Mín.	P25	Mediana	P75	Máx.	n	Média	D.P.	Mín.	P25	Mediana	P75	Máx.	
Temperatura, °C	30	17,5	1,70	14,6	16,3	17,6	18,5	23,0	38	16,6	2,40	10,7	15,1	16,6	17,8	22,3	0,037
HR, %	30	66,4	8,40	43,1	60,2	67,4	71,3	81,7	38	64,3	9,60	36,0	57,9	64,6	70,6	83,9	0,323
CO ₂ , ppm	24	1273	505,2	671	866	1157	1544	2641	28	1141	380,1	509	816	1090	1426	1913	0,533
CO, ppm	30	0,62	1,075	0,00	0,16	0,34	0,60	5,86	38	0,40	0,975	0,01	0,09	0,19	0,32	5,89	0,040
PM _{2,5} , mg/m ³	18	0,079	0,0639	0,019	0,046	0,067	0,085	0,307	12	0,089	0,0765	0,034	0,044	0,054	0,111	0,287	0,737
PM ₁₀ , mg/m ³	18	0,081	0,0638	0,020	0,048	0,071	0,087	0,309	12	0,092	0,0788	0,036	0,047	0,056	0,117	0,296	0,983
COVT, µg/m ³	25	203,51	210,404	18,01	69,69	124,95	242,71	895,21	37	147,82	157,292	24,11	60,60	97,43	147,93	793,64	0,260
Outros COV, µg/m ³	25	79,58	89,815	0,00	18,92	47,24	98,82	339,35	36	56,54	89,029	0,00	12,61	43,69	63,72	511,01	0,333
Benzeno, µg/m ³	25	0,59	1,833	0,00	0,00	0,00	0,00	7,92	37	0,25	0,447	0,00	0,00	0,00	0,00	1,28	0,746
Tolueno, µg/m ³	25	19,56	33,963	1,64	5,03	8,03	15,36	167,37	37	25,16	68,236	0,00	3,89	5,44	12,09	389,54	0,215
Tricloroetileno, µg/m ³	25	-	-	-	-	-	-	-	37	-	-	-	-	-	-	-	
Tetracloroetileno, µg/m ³	25	1,07	3,802	0,00	0,00	0,00	0,00	18,56	37	0,26	0,629	0,00	0,00	0,00	0,00	2,11	0,929
m/p-xileno, µg/m ³	25	10,25	20,314	0,00	2,48	4,52	6,49	89,75	37	8,47	15,699	0,00	2,03	3,26	6,96	86,27	0,586
Estireno, µg/m ³	25	0,45	0,396	0,00	0,10	0,42	0,75	1,30	37	0,63	0,645	0,00	0,25	0,48	0,82	2,96	0,425
o-xileno, µg/m ³	25	4,62	7,713	0,00	1,68	2,15	4,16	30,36	37	3,56	5,261	0,00	1,33	2,03	3,11	29,16	0,500
α-pineno, µg/m ³	25	2,87	2,926	0,00	1,04	2,12	4,40	14,15	37	5,20	9,607	0,00	1,20	2,46	3,95	54,11	0,651
Limoneno, µg/m ³	25	48,95	67,674	0,00	8,84	15,64	48,94	278,25	37	20,56	37,288	0,00	4,06	8,51	18,06	177,00	0,013
Naftaleno, µg/m ³	25	4,68	18,532	0,00	0,00	0,00	0,00	89,71	37	0,42	2,532	0,00	0,00	0,00	0,00	15,40	0,325
Formaldeído, µg/m ³	30	16,63	9,486	5,22	8,73	14,80	21,99	43,30	37	14,94	10,428	4,47	7,68	11,51	17,40	50,66	0,262
Acetaldeído, µg/m ³	30	14,95	17,358	2,87	6,69	10,94	13,93	85,18	37	11,58	9,052	2,15	6,67	8,73	13,83	52,14	0,480
Ventilação, l/s por pessoa	28	3,35	4,282	0,00	1,17	2,08	3,98	20,48	35	4,05	4,039	0,00	1,66	2,60	5,02	18,17	0,126
Fungos, UFC/m ³	30	524	868,9	66	185	301	501	4805	38	1039	1837,1	34	96	170	1005	6528	0,253
Bactérias, UFC/m ³	30	1413	1878,4	188	338	653	1574	6528	38	1543	1904,4	99	379	774	1670	6528	0,608

¹ Valor p do teste de Mann-Whitney

A tabela 4 descreve a qualidade do ar nas casas das crianças, sendo feita a análise para cada grupo, caso e controlo. A concentração de tricloroetileno foi nula para todas as casas e, por isso, não é considerado em análises posteriores que envolvam a exposição das crianças a este poluente.

A concentração mediana de COVT no grupo controlo foi de 124,95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e de 97,43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no grupo caso. Para ambos os grupos, à semelhança do que acontece nas salas de aula, a maior concentração sentida foi a *outros* COVs que não os medidos individualmente, com valores medianos de 47,24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no grupo controlo e 43,69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no grupo caso. Mesmo não apresentando diferenças significativas de distribuição, o facto de os compostos orgânicos voláteis não medidos serem superiores a qualquer um dos medidos, sugere a possibilidade de existir pelo menos um composto não avaliado e que seja relevante incluir em futuros estudos na área. Sendo elevado o número de compostos orgânicos que podem estar incluídos neste conjunto, é difícil antecipar qual ou quais poderiam constituir bons candidatos.

Dentro dos COVs selecionados, o d-limoneno é o único COV com diferenças significativas de distribuição ($p=0,013$) e o que apresenta uma concentração mediana mais elevada nos dois grupos 15,64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no grupo controlo 8,51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no grupo caso. Além do d-limoneno, verificam-se diferenças significativas na distribuição de dois outros parâmetros, um químico e outro físico. A concentração do CO ($p=0,040$), com exposições medianas de 5,5 ppm no grupo de controlo e 3,0 ppm no grupo dos casos, e no fator ambiental temperatura ($p=0,037$), com valores medianos de 17,6°C nos controlos e 16,6°C nos casos.

O número de medições válidas de matéria suspensa, $\text{PM}_{2.5}$ e PM_{10} , é baixa quando comparada aos restantes parâmetros, devendo-se a problemas de equipamento no ato de medição em 26 casos e 12 controlos.

De forma geral, comparando medianas entre grupos, mesmo sem diferenças significativas de distribuição, as medianas dos parâmetros no grupo controlo são superiores às do grupo caso, salvo as exceções do estireno, α -pineno e taxa de ventilação. Tal leva a crer que, pela existência de um indivíduo asmático na habitação, existe uma maior preocupação com a qualidade do ar interior, havendo um controlo maior sobre as fontes emissoras, diminuindo a concentração de poluentes e “triggers” de asma conhecidos. Neste sentido, justifica-se a taxa de ventilação ser uma das exceções referidas. Ao aumento da taxa de ventilação está normalmente associado uma maior diluição dos poluentes, reduzindo a sua presença no ar, e prevenindo o aparecimento de zonas de condensação, que tendem a potenciar o desenvolvimento de fungos e bactérias. Um aumento na taxa de ventilação é normalmente acompanhado de uma descida da temperatura, facto observado neste estudo, em que as taxas de

ventilação e temperaturas medianas são, respetivamente, para o grupo de controlo 2,08 l/s por pessoa e 17,6°C e, para o grupo de casos, 2,60 l/s por pessoa e 16,6°C.

Tabela 5 Estatística sumária dos parâmetros químicos, físicos e microbiológicos do ar interior na escola

Escola	Não Asmático (N total=30)								Asmático (N total= 38)								p ¹
	n	Média	D.P.	Mín.	P25	Mediana	P75	Máx.	n	Média	D.P.	Mín.	P25	Mediana	P75	Máx.	
Temperatura, °C	30	21,2	1,87	18,0	20,0	21,3	22,8	24,6	38	20,7	1,52	18,1	19,2	20,9	21,7	23,4	0,329
HR, %	30	48,1	10,03	34,0	40,7	45,6	54,2	70,8	38	53,2	7,86	36,1	50,0	51,9	56,8	69,6	0,016
CO ₂ , ppm	30	1415	482,0	862	948	1355	1665	2635	36	1655	636,7	862	1150	1420	2170	3017	0,172
CO, ppm	30	0,41	0,441	0,00	0,00	0,35	0,65	1,29	38	0,33	0,280	0,00	0,13	0,26	0,51	1,24	0,951
PM _{2,5} , mg/m ³	30	0,089	0,0324	0,054	0,069	0,078	0,098	0,190	37	0,099	0,0324	0,053	0,075	0,084	0,123	0,176	0,109
PM ₁₀ , mg/m ³	30	0,134	0,0361	0,078	0,115	0,125	0,140	0,225	37	0,149	0,0489	0,090	0,109	0,134	0,179	0,275	0,226
COVT, µg/m ³	28	185,20	138,770	68,31	102,57	186,94	220,97	787,80	38	230,71	208,050	69,72	106,08	164,45	250,09	820,18	0,533
Outros COV, µg/m ³	28	105,63	70,820	0,00	46,90	80,04	169,99	287,16	38	105,15	76,183	0,00	41,89	85,71	131,21	287,16	0,969
Benzeno, µg/m ³	28	0,36	0,534	0,00	0,00	0,00	0,86	1,51	38	0,07	0,188	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84	0,015
Tolueno, µg/m ³	28	13,50	29,233	1,98	4,38	6,05	10,30	158,71	38	26,44	58,803	1,84	4,58	6,97	10,43	202,47	0,856
Tricloroetileno, µg/m ³	28	-	-	-	-	-	-	-	38	-	-	-	-	-	-	-	-
Tetracloroetileno, µg/m ³	28	0,91	1,981	0,00	0,00	0,00	0,00	8,26	38	0,19	0,846	0,00	0,00	0,00	0,00	4,38	0,046
m/p-xileno, µg/m ³	28	14,74	52,041	0,00	2,81	4,59	6,57	279,63	38	36,71	94,972	0,00	3,35	5,01	7,11	365,22	0,330
Estireno, µg/m ³	28	0,50	0,471	0,00	0,04	0,37	0,92	1,35	38	0,66	0,626	0,00	0,10	0,48	0,87	2,66	0,353
o-xileno, µg/m ³	28	3,57	7,201	0,08	1,61	2,26	3,26	39,75	38	5,13	9,286	0,23	1,97	2,48	3,57	52,43	0,248
α-pineno, µg/m ³	28	1,80	1,224	0,00	1,17	1,41	2,27	5,48	38	2,02	2,022	0,68	1,08	1,35	1,66	8,42	0,452
Limoneno, µg/m ³	28	28,32	39,435	5,95	10,71	12,89	28,18	202,42	38	25,28	21,249	6,33	11,72	22,24	30,50	103,11	0,467
Naftaleno, µg/m ³	28	-	-	-	-	-	-	-	38	-	-	-	-	-	-	-	-
Formaldeído, µg/m ³	30	19,34	7,971	10,05	13,98	17,85	23,71	37,48	38	17,88	6,685	8,24	13,54	16,05	22,37	39,00	0,521
Acetaldeído, µg/m ³	30	9,42	11,008	1,92	5,51	7,17	8,97	64,63	38	8,42	4,618	3,01	4,89	7,14	10,39	22,38	0,902
Ventilação, l/s por pessoa	30	1,59	1,726	0,15	0,34	1,1	2,53	6,44	38	1,04	1,728	0,11	0,24	0,33	1,12	7,90	0,016
Fungos, UFC/m ³	30	354	294,1	61	174	243	504	1322	35	285	216,5	66	166	240	344	1322	0,626
Bactérias, UFC/m ³	30	2452	1388,5	0	1542	2282	3257	5430	37	3455	2852,6	0	1542	2327	6266	8372	0,381

¹ Valor p do teste de Mann-Whitney

A tabela 5 descreve a qualidade do ar nas salas de aula das crianças, sendo feita a análise para cada grupo, caso e controlo. Concentrações de tricloroetileno e naftaleno foram nulos ou inferiores ao limite de deteção do equipamento para a totalidade das medições e, por isso, não são considerados em análises posteriores que envolvam a exposição das crianças a estes dois poluentes na escola.

A concentração mediana de TCOV no grupo controlo foi de 186,94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e de 164,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no grupo caso. Para ambos os grupos, a maior concentração sentida foi a *outros* COVs que não os medidos individualmente, com valores de exposição de 80,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no grupo controlo e 85,71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no grupo caso. Mais uma vez, evidencia-se a possibilidade de existir outro composto com relevância para o estudo e que não foi considerado. Dos COVs selecionados para medição, aquele que apresenta concentrações medianas mais elevadas em ambos os grupos de estudo é o limoneno, com 12,89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no grupo controlo e 22,24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no grupo caso. Diferenças na distribuição de COVs entre grupos apenas foi significativa para a concentração de benzeno ($p=0,015$) e para o tetracloroetileno ($p=0,046$). Olhando à concentração mediana de ambos os compostos (0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), percebe-se que a maioria das crianças não está sujeita a estes dois compostos e, para as crianças sob concentração não nula, ela é extremamente baixa.

Não foram encontradas diferenças significativas para a concentração dos restantes parâmetros químicos, físicos e biológicos, apenas para os fatores ambientais humidade relativa ($p=0,016$), com valor mediano de 45,6% nos controlos e 51,9% nos casos, e taxa de ventilação ($p=0,016$), com valores medianos de 1,10 l/s por pessoa nos controlos e 0,33 l/s por pessoa nos casos. O projeto HealthVent recomenda uma taxa de ventilação não inferior a 4 l/s por pessoa, estando as crianças em estudo sujeitas a uma taxa de ventilação excessivamente baixa.

Apesar de existirem apenas diferenças significativas de distribuição em 3 dos parâmetros, ao comparar os dois grupos observa-se que, para esta amostra, o grupo dos casos estará sujeito a uma concentração mediana mais elevados de CO_2 , de PMs, da maioria dos COVs e de bactérias. Uma taxa de ventilação inferior para este grupo poderá, pelas razões já expostas no ambiente casa, justificar tais observações.

A tabela 6 descreve os fatores ambientais temperatura e humidade relativa e a exposição ao CO_2 , CO, $\text{PM}_{2.5}$ e PM_{10} com e sem a aplicação do filtro descrito no capítulo da metodologia em ambos os ambientes interiores.

Tabela 6 Estatística sumária dos parâmetros filtrados vs não filtrados

Casa	Não Asmático (N total=30)								Asmático (N total= 38)								p
	n	Média	D.P.	Mín.	P25	Mediana	P75	Máx.	n	Média	D.P.	Mín.	P25	Mediana	P75	Máx.	
CO ₂ , ppm	24	1273	505,2	671	866	1157	1544	2641	28	1141	380,1	509	816	1090	1426	1913	0,533
CO ₂ , ppm	23	1353	578,9	668	947	1221	1678	2769	28	1261	457,0	468	857	1160	1603	2254	0,791
CO, ppm	30	0,62	1,075	0,00	0,16	0,34	0,60	5,86	38	0,40	0,975	0,01	0,09	0,19	0,32	5,89	0,040
CO, ppm	26	0,64	1,138	0,03	0,09	0,35	0,66	5,86	33	0,45	1,050	0,00	0,08	0,21	0,36	5,86	0,077
Temperatura, °C	30	17,5	1,7	14,6	16,3	17,6	18,5	23	38	16,6	2,4	10,7	15,1	16,6	17,8	22,3	0,037
Temperatura, °C	29	17,5	1,7	14,6	16,3	17,7	18,4	23,1	38	16,6	2,3	10,8	15,2	16,6	17,9	22,3	0,058
HR, %	30	66,4	8,4	43,1	60,2	67,4	71,3	81,7	38	64,3	9,6	36,0	57,9	64,6	70,6	83,9	0,323
HR, %	29	66,9	8,5	44,4	61,2	67,9	72,6	83,2	38	64,9	9,4	37,2	57,9	65,5	70,9	84,6	0,336
PM _{2,5} , mg/m ³	18	0,079	0,0639	0,019	0,046	0,067	0,085	0,307	12	0,089	0,0765	0,034	0,044	0,054	0,111	0,287	0,737
PM _{2,5} , mg/m ³	18	0,074	0,0581	0,017	0,038	0,058	0,091	0,267	13	0,087	0,0879	0,032	0,047	0,054	0,089	0,364	1,000
PM ₁₀ , mg/m ³	18	0,081	0,0638	0,020	0,048	0,071	0,087	0,309	12	0,092	0,0788	0,036	0,047	0,056	0,117	0,296	0,983
PM ₁₀ , mg/m ³	18	0,076	0,0578	0,017	0,041	0,062	0,093	0,268	13	0,090	0,0897	0,033	0,051	0,057	0,089	0,373	1,000
Escola																	
CO ₂ , ppm	30	1415	482,0	862	948	1355	1665	2635	36	1655	636,7	862	1150	1420	2170	3017	0,172
CO ₂ , ppm	30	1405	477,8	821	962	1325	1662	2609	36	1626	665,2	821	1164	1389	2184	3129	0,279
CO, ppm	30	0,41	0,441	0,00	0,00	0,35	0,65	1,29	38	0,33	0,280	0,00	0,13	0,26	0,51	1,24	0,951
CO, ppm	19	0,64	0,388	0,04	0,35	0,59	1,00	1,28	32	0,36	0,275	0,05	0,10	0,30	0,51	1,20	0,080
Temperatura, °C	30	21,2	1,87	18,0	20,0	21,3	22,8	24,6	38	20,7	1,52	18,1	19,2	20,9	21,7	23,4	0,329
Temperatura, °C	30	21,1	1,89	18,0	20,0	21,2	22,8	24,6	38	20,6	1,52	18,0	19,1	20,9	21,7	23,3	0,261
HR, %	30	48,1	10,03	34	40,7	45,6	54,2	70,8	38	53,2	7,86	36,1	50,0	51,9	56,8	69,6	0,016
HR, %	30	47,8	10,09	33,6	40,5	45,3	54,1	70,5	38	52,8	8,13	34,6	49,6	51,8	56,1	69,8	0,020
PM _{2,5} , mg/m ³	30	0,089	0,0324	0,054	0,069	0,078	0,098	0,190	37	0,099	0,0324	0,053	0,075	0,084	0,123	0,176	0,109
PM _{2,5} , mg/m ³	30	0,083	0,0335	0,051	0,061	0,075	0,085	0,190	37	0,091	0,0311	0,048	0,071	0,081	0,100	0,175	0,194
PM ₁₀ , mg/m ³	30	0,134	0,0361	0,078	0,115	0,125	0,140	0,225	37	0,150	0,0489	0,090	0,109	0,134	0,179	0,275	0,226
PM ₁₀ , mg/m ³	30	0,120	0,0340	0,078	0,096	0,115	0,128	0,220	37	0,133	0,0424	0,083	0,104	0,123	0,144	0,273	0,194

¹ Valor p do teste de Mann-Whitney

O ajuste feito trata-se de uma aproximação à realidade de exposição, no entanto, comparando medianas do antes e após aplicação do filtro, apenas se verificam mudanças notáveis para a concentração do CO na escola no grupo de controlo, tendo o valor da mediana aumentado, aproximadamente, duas vezes. Mediana da concentração do CO na escola para grupo controlo é, sem filtragem, de 0,35 ppm e, com filtragem, de 0,59 ppm.

5.3. Associações estimadas entre parâmetros do ar interior e risco de asma: regressão logística individual

A análise de regressão é uma das técnicas estatísticas mais utilizadas para pesquisar e modelar a relação existente entre duas ou mais variáveis, avaliando a existência e o grau de dependência estatística entre elas. Neste estudo e como descrito na metodologia, procuram-se possíveis associações individuais entre as variáveis analisadas e o risco de asma, recorrendo ao modelo de regressão logística. Os modelos de regressão podem ser classificados segundo o número de variáveis independentes. Quando existe apenas uma variável independente denomina-se modelo de regressão simples e quando se tem mais de uma variável independente denomina-se modelo de regressão múltipla.

Na área desta dissertação, a análise de regressão logística permite-nos relacionar a ocorrência de um evento (prevalência de asma) entre crianças expostas e não expostas a um determinado fator de risco. A regressão logística é usada quando temos uma variável dependente binária (asma e não asma). O objetivo é saber quais as variáveis independentes (fatores de risco) que influenciam o resultado (variável dependente). Este método estima os coeficientes de regressão que maximizam a probabilidade de encontrar as realizações da variável dependente (prevalência de asma) e a sua solução requiere o emprego de um processo iterativo.

A significância da variável a incluir no modelo é o primeiro aspeto a observar antes de prosseguir com a análise. Tal envolve testes de hipóteses para saber se a variável é ou não significativamente correlacionada com a saída.

Para cada variável registada quer em casa quer na escola foi feita uma análise logística individual da exposição diária associada. Como ao longo deste trabalho foram sugeridos diferentes filtragens e diferentes tratamentos dos *outliers* moderados e extremos, apresentam-se os resultados obtidos para os diferentes modelos.

Recorde-se que para o tratamento de *outliers* foram exploradas 4 possibilidades:

- Sem tratamento;
- Valores *outliers* extremos entre crianças foram considerados como valores omissos;
- Valores *outliers* entre crianças foram substituídos pelo valor médio calculado depois de excluir tais *outliers*;
- valores *outliers* entre crianças foram substituídos pelo valor máximo não considerando tais *outliers*;

As tabelas 7 a 14 apresentam, para cada tratamento de *outliers* entre crianças e presença ou ausência de filtro, as variáveis que, de acordo com o critério de seleção (valor p do teste $< 0,1$), possam ter associação com um maior ou menor risco de asma, sendo por isso consideradas para o modelo multivariado final.

As tabelas 7 e 8 são referentes às bases **sem tratamento de valores *outliers*** entre crianças, sem (tabela 6) e com (tabela 7) aplicação do filtro.

Tabela 7 Variáveis selecionadas e respetivo valor p da regressão logística individual, para o tratamento mencionado e sem filtro.

Casa	Valor p
Temperatura	0,079
Escola	
CO ₂	0,099
Humidade Relativa	0,025
Benzeno	0,013
Tetracloroetileno	0,081
Bactérias	0,088

Tabela 8 Variáveis selecionadas e respetivo valor p da regressão logística individual, para o tratamento mencionado e com filtro.

Casa	Valor p
Temperatura	0,098
Escola	
CO	0,010
Humidade relativa	0,031
Benzeno	0,013
Tetracloroetileno	0,081
Bactérias	0,088

A exposição ao benzeno, tetracloroetileno e bactérias no ambiente escola e a temperatura em casa apresentam possíveis associações comuns às duas bases

anteriores. Por comparação das tabelas 7 e 8, verifica-se que a aplicação do filtro tem pouca influência nos valores de temperatura em casa, havendo uma pequena alteração do valor p. A sua aplicação resulta também na não consideração da exposição ao CO₂ na escola, passando-se a considerar como relevante a exposição ao CO, para o mesmo ambiente interior.

As tabelas 9 e 10 são referentes às bases em que os **valores outliers extremos entre crianças foram considerados como valores omissos**, tanto sem (tabela 8) como com aplicação do filtro (tabela 9).

Tabela 9 Variáveis selecionadas e respetivo valor p da regressão logística individual, para o tratamento mencionado e sem filtro

Casa	Valor p
CO	0,012
Temperatura	0,079
COVT	0,082
Outros COV	0,051
Escola	
CO ₂	0,099
Humidade Relativa	0,025
PM _{2.5}	0,076
PM ₁₀	0,026
α-pineno	0,024
Fungos	0,091
Bactérias	0,088

Tabela 10 Variáveis selecionadas e respetivo valor p da regressão logística individual, para o tratamento mencionado e com filtro.

Casa	Valor p
Temperatura	0,098
TCOV	0,082
Outros COV	0,051
Escola	
CO	0,010
Humidade Relativa	0,031
α-pineno	0,024
Fungos	0,091
Bactérias	0,088

Temperatura e exposições a Outros COVs ao total de COVs no ambiente casa, bem como a humidade relativa e exposição ao α-pineno, fungos e bactérias na escola, são associações estimadas comuns às duas bases com o mesmo tratamento. Temperatura

da casa e humidade relativa na escola sofreram leves alterações do valor p com a aplicação do filtro, no entanto cumprem ainda o critério de seleção, como é observável por comparação das tabelas 9 e 10. Para o tratamento de *outliers* selecionado e sem filtro, estima-se uma possível associação ao risco de asma com a exposição ao CO doméstico e exposição na escola ao CO₂ e matérias particuladas (PM_{2.5} e PM₁₀). As mesmas, pela ação do filtro deixam de ser consideradas, passando-se incluir no grupo das possíveis associações a exposição ao CO.

As tabelas 11 e 12 são referentes às bases em que os **valores outliers entre crianças foram substituídos pelo valor médio não considerando tais outliers**, tanto sem aplicação do filtro (tabela 10) como com aplicação do filtro (tabela 11).

Tabela 11 Variáveis selecionadas e respetivo valor p da regressão logística individual, para o tratamento mencionado e sem filtro.

Casa	Valor p
CO	0,020
Temperatura	0,082
Escola	
CO ₂	0,099
Humidade Relativa	0,025
Benzeno	0,009
Ventilação	0,031

Tabela 12 Variáveis selecionadas e respetivo valor p do da regressão logística individual, para o tratamento mencionado e com filtro.

Escola	Valor p
CO	0,033
Humidade Relativa	0,031
Benzeno	0,009
Ventilação	0,031

Para o tratamento selecionado, nas bases sem e com filtro, existem 3 variáveis comuns, são elas a humidade relativa, taxa de ventilação e exposição ao benzeno, todas para o espaço escola. As diferenças resultantes da aplicação do filtro são as observadas por comparação das tabelas 11 e 12. Da base sem filtro, para além das 3 variáveis comuns, as regressões logísticas individuais realizadas indicavam possíveis associações entre os parâmetros domésticos temperatura e exposição ao CO e a exposição na escola ao CO₂. Para a base após filtragem, as associações mencionadas deixaram de ser significantes, deixando de existir qualquer associação estimada para o

ambiente casa e passando existir uma nova possível associação para a exposição ao CO na escola. Mesmo sendo um fator comum às duas bases, a humidade relativa é uma das variáveis sujeita a filtragem, mas o seu efeito traduz-se numa pequena variação do valor p do teste.

As tabelas 13 e 14 são referentes às bases em que os **valores outliers entre crianças foram substituídos pelo valor máximo não considerando tais outliers**, tanto sem aplicação do filtro (tabela 10) como com aplicação do filtro (tabela 11).

Tabela 13 Variáveis seleccionadas e respetivo valor p da regressão logística individual, para o tratamento mencionado e sem filtro

Casa	Valor p
CO	0,020
Temperatura	0,082
Escola	
CO ₂	0,099
Humidade Relativa	0,025
Benzeno	0,011
Ventilação	0,018

Tabela 14 Variáveis seleccionadas e respetivo valor p da regressão logística individual, para o tratamento mencionado e com filtro.

Casa	Valor p
CO	0,060
Escola	
CO	0,009
Humidade Relativa	0,031
Benzeno	0,011
Ventilação	0,018

Para o tratamento selecionado, diferenças entre as bases sem filtro e com filtro são observáveis por comparação das tabelas 13 e 14. Exposição doméstica ao CO, humidade relativa, taxa de ventilação e exposição ao benzeno na escola são associações estimadas comuns às duas bases. Sem a aplicação de filtro, a temperatura em casa e a exposição ao CO₂ na escola são consideradas potenciais associações, no entanto, após filtragem, as duas variáveis referidas perdem relevância estatística, sendo excluídas das potenciais associações e passando a incluir a exposição na escola ao CO.

5.4. Associações entre parâmetros do ar interior e risco de asma: modelos multivariados

Uma vez que os modelos multivariados finais são criados por um método iterativo, os resultados considerados são os da última iteração. Para cada variável incorporada no modelo, é apresentado o valor p da regressão logística, razão de chances ou *odds ratio* (OR) e respetivo intervalo de confiança de 95% de OR (IC_{95%}), compreendido entre limite inferior (LI) e limite superior (LS). O maior ou menor risco de asma por incremento de uma unidade das variáveis incorporadas pelo modelo é dado pelo OR. A qualidade do ajustamento de cada modelo é avaliada pela significância do teste de Hosmer e Lemeshow, em que, para uma significância superior a 0,05, considera-se um modelo bem ajustado.

Considerar uma criança para a criação do modelo final, exige que essa criança apresente medições válidas para todos os parâmetros incorporados no modelo final. Se numa criança, pelo menos um dos parâmetros apresentar valores omissos, a mesma não é considerada. Cada modelo é, então, acompanhado de uma pequena análise ao número de casos incluídos.

Uma discussão geral aos resultados obtidos dos modelos é realizada após a exposição do último modelo.

Modelo multivariado para dados sem tratamento de *outliers* e sem filtro.

Foram consideradas as variáveis da tabela 7, no entanto, pelo método de Wald, o modelo final apenas incorporou as variáveis humidade relativa, exposição ao tetracloroetileno e benzeno para o ambiente interior escola (tabela 15). A significância do teste Hosmer e Lemeshow foi de 0,473, indicando que o modelo está bem ajustado. Neste modelo, dos 68 casos em estudo, apenas 63 foram considerados, isto é, cerca de 93% dos casos.

Tabela 15 Variáveis incorporadas no modelo multivariado sem tratamento de outliers e sem filtro e respetivos valores p, OR e intervalos de confiança (IC_{95%})

		Valor p ¹	OR	IC _{95%}	
				LI	LS
Escola	Humidade Relativa (%)	0,037	1,076	1,005	1,153
	Tetracloroetileno (µg/m³ · h)	0,011	,744	0,593	0,934
	Benzeno (µg/m³ · h)	0,062	0,945	0,891	1,003

¹Valor p ou significância da regressão logística

Analisando os valores do OR de cada variável incorporada, como o modelo dá a probabilidade de uma criança ser classificada como asmática, então, o aumento da humidade relativa apresenta-se como um aumento da probabilidade de classificação como asmática (risco acrescido). Ainda que baixo, para o aumento de 1% de humidade relativa, aumenta em 0,76% a probabilidade de a criança pertencer ao grupo caso (diagnosticado como padecendo de asma). Por outro lado, o modelo parece sugerir que a exposição ao tetracloretileno e ao benzeno têm um efeito contrário (efeito protetor). Para o aumento de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$, o risco de classificação de asmático será reduzido em 25% para o tetracloretileno e em 5% para o benzeno. Relativamente à exposição ao benzeno, em média, apresenta um efeito protetor, no entanto, olhando ao limite superior do intervalo de confiança, a exposição pode-se apresentar como um fator de risco acrescido (ainda que baixo) no desenvolvimento de asma.

Modelo multivariado para dados sem tratamento de *outliers* e com filtro.

Foram consideradas as variáveis da tabela 8, no entanto, pelo método utilizado, o modelo final apenas incorporou as exposições ao tetracloretileno e benzeno para o ambiente interior escola (tabela 16). A significância do teste Hosmer e Lemeshow foi de 0,522, indicando que o modelo está bem ajustado. Neste modelo, dos 68 casos em estudo, apenas 47 foram considerados correspondendo a cerca de 69% dos casos.

Tabela 16 Variáveis incorporadas no modelo multivariado sem tratamento de outliers e com filtro e respetivos valores p, OR e intervalos de confiança ($\text{IC}_{95\%}$)

		Valor p ¹	OR	IC _{95%}	
				LI	LS
Escola	Benzeno (µg/m³ · h)	0,038	0,747	0,568	0,984
	Tetracloroetileno (µg/m³ · h)	0,029	0,925	0,862	0,992

¹Valor p ou significância da regressão logística

À semelhança do modelo anterior, a exposição ao benzeno e tetracloretileno na escola mantêm o risco de asma e respetivo intervalo de confiança praticamente inalterados, uma vez que estas duas variáveis não estão sujeitas à aplicação do filtro, ao contrário da humidade relativa, que quando sujeita à filtragem, deixa de estar incluída no modelo.

Modelo multivariado para dados em que os valores *outliers* extremos são considerados como omissos e sem filtro.

Para este modelo foram consideradas as variáveis com potencial associação da tabela 9, no entanto, o modelo final apenas incorporou a exposição às $PM_{2.5}$ no ambiente interior escola (tabela 17). A significância do teste Hosmer e Lemeshow foi de 0,132, indicando que o modelo está bem ajustado. Neste modelo, dos 68 casos em estudo, foram considerados apenas 43, que corresponde a aproximadamente 63%.

Tabela 17 Variáveis incorporadas no modelo multivariado em que os valores outliers extremos são considerados como omissos e sem filtro e respectivos valores p, OR e intervalos de confiança ($IC_{95\%}$)

		Valor p ¹	OR	IC _{95%}	
				LI	LS
Escola	PM _{2.5} (mg/m ³ · h)	0,015	119,803	2,532	5668,436

¹Valor p ou significância da regressão logística

O modelo construído sugere um risco de asma acrescido médio cerca de 120 vezes maior para o aumento de $1 mg/m^3 \cdot h$ de $PM_{2.5}$ na escola. Observando a amplitude do intervalo de confiança a 95%, transparece a enorme dispersão dos dados para os casos selecionados. Mesmo estando bem ajustado, o risco aumentado de asma poderá ser entre 2 a 5700 vezes maior.

Modelo multivariado para dados em que os valores *outliers* extremos são considerados como omissos e com filtro.

Para este modelo foram consideradas as variáveis da tabela 10 no entanto, o modelo final incorporou apenas a exposição ao CO no ambiente interior escola e a temperatura em casa como fatores influenciadores do risco de asma (tabela 18). A significância do teste Hosmer e Lemeshow foi de 0,372, indicando que o modelo está bem ajustado. Neste modelo, dos 68 casos em estudo, foram considerados apenas 48, que corresponde a aproximadamente 71% dos casos.

Tabela 18 Variáveis incorporadas no modelo multivariado em que os valores outliers extremos são considerados como omissos e com filtro e respectivos valores p, OR e intervalos de confiança (IC_{95%})

		Valor p ¹	OR	IC _{95%}	
				LI	LS
Escola	CO (ppm · h)	0,004	0,660	0,497	0,875
Casa	Temperatura (°C)	0,026	0,610	0,395	0,941

¹Valor p ou significância da regressão logística

O modelo criado para o tratamento referido sugere que tanto a exposição na escola ao CO como o aumento da temperatura em casa, para o incremento de uma unidade de cada variável, o risco de asma é reduzida. Para a exposição ao CO na escola a diminuição do risco é em média de 34% e para a temperatura em casa de 39%.

Modelo multivariado para dados em que os valores *outliers* são substituídos pela média sem *outliers* e sem filtro.

Para este modelo foram consideradas as variáveis da tabela 11 no entanto, o modelo final associou apenas a exposição ao CO no ambiente interior escola e a temperatura em casa ao risco de asma (tabela 19). A significância do teste Hosmer e Lemeshow foi de 0,395, indicando que o modelo está bem ajustado. Neste modelo, dos 68 casos em estudo, foram considerados 64, correspondendo a aproximadamente 94% dos casos.

Tabela 19 Variáveis incorporadas no modelo multivariado em que os outliers são substituídos pela média sem outliers e sem filtro e respectivos valores p, OR e intervalos de confiança (IC_{95%})

		Valor p ¹	OR	IC _{95%}	
				LI	LS
Escola	Benzeno (µg/m³ · h)	0,012	0,552	0,348	0,876
Casa	CO (ppm · h)	0,046	0,870	0,760	0,997

¹Valor p ou significância da regressão logística

O modelo criado para a base com este tratamento sugere que as duas variáveis incorporadas tenham um efeito protetor no risco de asma. De acordo com o modelo, o risco de asma por exposição ao benzeno na escola é diminuído em cerca de 45% pelo aumento de 1 µg/m³ · h de benzeno e em 23% pela exposição doméstica ao CO.

Modelo multivariado para dados em que os valores *outliers* são substituídos pela média sem *outliers* e com filtro.

Para este modelo foram consideradas as variáveis da tabela 12 no entanto, o modelo final incorporou apenas a taxa de ventilação como única variável associada ao risco de asma (tabela 20). A significância do teste Hosmer e Lemeshow foi de 0,120, indicando que o modelo está bem ajustado. Neste modelo, dos 68 casos em estudo, foram considerados 49, isto é, cerca de 72% dos casos.

Tabela 20 Variáveis incorporadas no modelo multivariado em que os outliers são substituídos pela média sem outliers e com filtro e respectivos valores p, OR e intervalos de confiança (IC_{95%})

		Valor p ¹	OR	IC _{95%}	
				LI	LS
Escola	Ventilação (l/s · pessoa)	0,029	0,303	0,104	0,884

¹Valor p ou significância da regressão logística

O modelo correspondente ao tratamento selecionado apenas inclui a variável taxa de ventilação do ambiente interior escola, sugerindo um risco médio 70% menor por aumento de 1 l/s · pessoa na taxa de ventilação.

Modelo multivariado para dados em que os valores *outliers* são substituídos pelo valor máximo não considerando os *outliers* e sem filtro.

Para este modelo foram consideradas as variáveis da tabela 13 no entanto, o modelo final incorporou apenas a taxa de ventilação como única variável associada ao risco de asma (tabela 21). A significância do teste Hosmer e Lemeshow foi de 0,162, indicando que o modelo está bem ajustado. Neste modelo, dos 68 casos em estudo, foram considerados 64, isto é, aproximadamente 94% dos casos.

Tabela 21 Variáveis incorporadas no modelo multivariado em que os valores outliers são substituídos pelo valor máximo sem os outliers e sem filtro e respectivos valores p, OR e intervalos de confiança (IC_{95%})

		Valor p ¹	OR	IC _{95%}	
				LI	LS
Escola	Ventilação (l/s · pessoa)	0,013	0,408	0,201	0,828

¹Valor p ou significância da regressão logística

Tal como no modelo anterior, para a base em que os valores de *outliers* são substituídos pela média sem *outliers* e com aplicação de filtro, a única variável incorporada pelo modelo é a taxa de ventilação na escola. Resultados do modelo foram semelhantes, com uma redução média de risco de asma diferente, cerca de 60% para o presente modelo.

Modelo multivariado para dados em que os valores *outliers* são substituídos pelo valor máximo não considerando os *outliers* e sem filtro.

Para este modelo foram consideradas as variáveis da tabela 14 no entanto, o modelo final incorporou apenas a exposição ao CO na escola como única variável associada ao risco de asma (tabela 22). A significância do teste Hosmer e Lemeshow foi de 0,969, indicando que o modelo está bem ajustado. Neste modelo, dos 68 casos em estudo, foram considerados 43, isto é, aproximadamente 63% dos casos.

Tabela 22 Variáveis incorporadas no modelo multivariado em que os valores outliers são substituídos pelo valor máximo sem os outliers e sem filtro e respectivos valores p, OR e intervalos de confiança (IC_{95%})

		Valor p ¹	OR	IC _{95%}	
				LI	LS
Escola	CO (ppm · h)	0,044	0,748	0,565	0,992

¹Valor p ou significância da regressão logística

A exposição ao CO na escola foi a única variável incluída pelo modelo do tratamento mencionado. Tal como no modelo multivariado da base em que os valores *outliers* extremos são considerados como omissos e com filtro, sugere-se que a exposição ao CO na escola tem um efeito protetor da asma, sendo que para o presente modelo, em média, o risco de asma é reduzido 25% para o incremento de 1 ppm · h de CO.

5.5 Discussão de resultados

De uma forma geral, foram encontradas associações entre o risco de asma e 8 variáveis em estudo, são elas, para o ambiente casa, temperatura e exposição ao CO e, para o ambiente escola, a humidade relativa, taxa de ventilação e exposições ao benzeno, tetracloroetileno, PM_{2.5} e CO. Associação entre o risco de desenvolvimento de asma em crianças e a humidade relativa e exposições ao benzeno, tetracloroetileno e CO, todas para o ambiente escola, foram encontradas em mais do que um dos modelos criados. Associações para as mesmas variáveis em modelos diferentes, ainda que os riscos não sejam exatamente os mesmos, reforçam e dão consistência aos modelos criados.

Ao analisar os resultados, é importante identificar e comentar os pressupostos assumidos. Assumir que a exposição diária das crianças aos poluentes nos ambientes casa e escola é representativa para a semana em que decorreram as medições é aceitável, no entanto, deixa de ser para uma exposição a longo prazo. Assim, ao tentar associar a prevalência de asma com base nesta semana de medições pressupõe-se a existência de erros e inconsistências.

O fator ambiental temperatura em casa foi incorporado num dos modelos apresentados, estando associado a um risco de asma diminuído para o aumento da temperatura, isto é, apresenta um efeito protetor para a população em estudo. O aumento da temperatura está associado à diminuição da humidade relativa e à prevenção de formação de zonas de condensação propícias ao desenvolvimento de fungos e bactérias, tendo uma ligação indireta à diminuição do risco de asma, tal como é discutido no parágrafo seguinte relativo à humidade relativa. De acordo com Strachan e Sanders (1989), o efeito direto da temperatura não pode ser esquecido, em que o frio estará associado a casos de asma, dando consistência aos resultados. Uma outra perspetiva, contrária aos resultados obtidos, pode considerar o aumento da temperatura como um fator de risco acrescido, devido ao aumento da taxa de libertação de poluentes conhecidos e identificados pela Organização Mundial de Saúde, provenientes dos materiais de construção EPA (2017).

No caso da humidade relativa, os resultados indicam um risco de asma acrescido para o aumento da mesma na escola, estando em concordância com o esperado e com o referido noutros estudos. Tal é sugerido por Smedje et al. (1997) num estudo sobre a relação do ar ambiente na escola e a prevalência de asma em crianças entre os 13 e 14 anos e por Mi et al. (2006), onde é avaliada a associação da qualidade do ar interior em escolas de Shangai (China) e casos de asma e sintomas respiratórios nos alunos. De facto, à semelhança da temperatura, a humidade relativa por si só não é um fator de

risco acrescido ou proteção, no entanto, é um bom indicador da presença de fungos e bactérias. A exposição a estes agentes tende a aumentar com o aumento da humidade relativa, uma vez que o seu crescimento é favorecido em ambientes mais húmidos. Apesar de não terem sido encontradas associações significativas para as exposições individuais a bactérias e fungos em qualquer um dos ambientes no âmbito desta dissertação, outros estudos sugerem um risco acrescido à sua exposição, como em Asthma and Allergy Foundation of America (2015) e Kim et al. (2013), referindo-se ao seu método de reprodução por libertação de esporos como principal fator. O curto espaço de tempo das medições aliado à possibilidade de grandes variações momentâneas nas suas concentrações e consequentes exposições (Chew, Rogers, Burge, Mulenberg, & Gold, 2003), poderá justificar a ausência de associação para este estudo.

Outro fator ambiental para o qual foi encontrada associação de risco foi a taxa de ventilação nas salas de aula. Semelhantemente aos restantes fatores ambientais, a associação entre eles e o risco de asma não é direta, funcionando como um bom indicador de maiores ou menores níveis de exposição a outros “triggers” existentes no ambiente interior. Tal como já foi previamente mencionado, um dos efeitos práticos do aumento da taxa de ventilação é a diluição ou remoção de alguns poluentes conhecidos com origem em fontes interiores (Committee on the Assessment of Asthma and Indoor, 2000). Desta forma, reduzindo os poluentes, haverá um risco de asma mais reduzido, estando por isso concordante com os resultados obtidos.

A exposição ao CO, tanto no ambiente casa como no ambiente escola, está associada, para a população em estudo, a um risco reduzido de asma. Estes resultados contrariam o estipulado pelas diretivas da Organização Mundial de Saúde para a qualidade do ar interior, que identificam a exposição ao CO como um fator de risco acrescido para o desenvolvimento e exacerbação de asma. Incoerências entre o esperado (risco acrescido) e o obtido (risco diminuído) para o ambiente doméstico poderão ser entendidas como resultado de uma causalidade reversa, isto é, a exposição muda como consequência da condição da criança. Uma vez que as crianças integrantes no grupo caso já estão sinalizadas como sendo asmáticas, existirão outro tipo de cuidados no controlo da qualidade do ar interior, atuando sobre possíveis fontes emissoras, estando consequentemente sobre menores níveis de exposição. Para este parâmetro no ambiente doméstico, recorde-se que foram encontradas diferenças significativas na distribuição entre os grupos caso e controlo. Já para a exposição ao CO em ambiente escolar, asmáticos e não asmáticos não estão sujeitos a tratamento diferente, portanto as incoerências encontradas não se poderão justificar com uma causalidade reversa.

Relativamente ao risco por exposição às $PM_{2.5}$, foi encontrada uma associação de risco acrescido para o ambiente interior escola. Neste estudo não é tido em conta a origem ou composição química das partículas, podendo existir algum tipo de partículas que mereça destaque nesta associação. Tanto a OMS como outros estudos parecem corroborar os resultados obtidos, relatando um aumento do risco para o aumento da exposição às $PM_{2.5}$, ainda que com um risco acrescido não tão expressivo (Gehring, Ulrike et al. 2015).

Por último, a exposição aos compostos orgânicos voláteis benzeno e tetracloroetileno no ambiente escola foram ambos associados a efeito protetor de risco de asma para a amostra em estudo. Estes dois compostos constam da lista de poluentes interiores selecionados pela OMS em 2010. Embora não sejam descritos pela OMS como potenciais causadores ou exacerbadores de asma, estão associados ao risco de cancro e irritações, levando a desconfiar da observação aqui feita. Outros estudos sugerem um risco acrescido por exposição ao benzeno (Mendell, 2006; Rumchev et al., 2004), mas não para o tetracloroetileno, que raramente é incluído em estudos deste género. Neste sentido, é possível assumir que riscos diminuídos obtidos serão controversos. Tendo em conta que as exposições foram extremamente baixas, como é observado pelo valor mediano igual a 0 para ambos os compostos ou pelo reduzido número de medições diferentes de zero.

Capítulo 6

Conclusões e perspectivas futuras

A poluição do ar constitui um problema de saúde com reflexos a curto e longo prazo. Concretamente para crianças, pelo tempo de permanência nos espaços interiores casa e escola, torna-se essencial entender e identificar relações de exposição a poluentes e problemas de saúde. Sendo a asma uma doença comum em crianças, este estudo focou-se em investigar possíveis associações entre a qualidade do ar interior nos ambientes casa e escola e a prevalência de asma em crianças de idade escolar. A dificuldade inerente à poluição do ar, onde existem inúmeros poluentes provenientes de um vasto leque de fontes, acrescida da complexidade da doença asma, com longo período de desenvolvimento e ainda pouco explorada na literatura, levam a conclusões aparentemente contraditórias e de difícil justificação.

Como **aspectos inovadores** deste estudo sobressai:

- Considerar na mesma base de trabalho, exposições em 2 ambientes interiores: casa e escola
- A filtragem dos tempos de medição, sempre que existia condições para o fazer, para horas de real exposição
- Tratamento dos valores aberrantes (discrepantes) entre crianças para cada parâmetro analisado
 - Realização de uma análise multivariada recorrendo a modelos de regressão logística multivariada

Após uma análise geral a esta investigação, existem alguns pontos a ter em conta, que complementariam ou teriam pontencial interesse científico no âmbito da área, ficando como **perspetivas futuras**:

- Ao nível da amostragem:
 - Aumentar o tempo e quantidade de medições de agentes microbiológicos
 - Dada a concentração elevada de COVs não medidos, aumentar o leque de COVs com medições individuais.
- Exposições a parâmetros químicos maioritariamente nulas deverão ser consideradas como variável categórica (presente ou não presente)
- Para cada parâmetro medido, compilar as exposições em casa e na escola numa única variável, tendo cada ambiente um peso (tempo de exposição) diferente.
- Seria interessante realizar um estudo com este formato, mas numa tentativa de associar fatores ambientais e exposições a poluentes a ataques de asma, em detrimento do estudo da prevalência de asma.

Referências

- Agência Portuguesa do Ambiente. (2010). *Procedimentos regionais de informação e alerta no âmbito da Qualidade do Ar - Relatório de Ambiente e Saúde*.
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2017). www.apambiente.pt. Retrieved February 25, 2017, from <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=19&subref=174>
- Almeida, M. M. (n.d.). No Title. Retrieved September 30, 2016, from <http://www.fundacaoportuguesadopulmao.org/asma.html>
- Almqvist, C., Worm, M., & Leynaert, B. (2008). Impact of gender on asthma in childhood and adolescence: A GA 2LEN review. *Allergy: European Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 63(1), 47–57. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2007.01524.x>
- Annesi-Maesano, I., Baiz, N., Banerjee, S., Rudnai, P., Rive, S., & SINPHONIE Group. (2013). Indoor air quality and sources in schools and related health effects. *Journal of Toxicology and Environmental Health. Part B, Critical Reviews*, 16(8), 491–550. <https://doi.org/10.1080/10937404.2013.853609>
- Asthma and Allergy Foundation of America. (2015). www.aafa.org. Retrieved February 20, 2017, from <http://www.aafa.org/page/mold-allergy.aspx>
- Barnett, V., & Lewis, T. (1994). *Outliers in Statistical Data* (3rd Editio).
- Bateson, T. F., & Schwartz, J. (2008). Children's response to air pollutants. *Journal of Toxicology and Environmental Health. Part A*, 71(3), 238–43. <https://doi.org/10.1080/15287390701598234>
- Breyse, P. N., Diette, G. B., Matsui, E. C., Butz, A. M., Hansel, N. N., & McCormack, M. C. (2010). Indoor air pollution and asthma in children. *Proceedings of the American Thoracic Society*, 7(2), 102–6. <https://doi.org/10.1513/pats.200908-083RM>
- Chew, G. L., Rogers, C., Burge, H. a, Muilenberg, M. L., & Gold, D. R. (2003). Dustborne and airborne fungal propagules represent a different spectrum of fungi with differing relations to home characteristics. *Allergy*, 58(1), 13–20. <https://doi.org/10.1034/j.1398-9995.2003.00013.x>
- Clark, N. A., Demers, P. A., Karr, C. J., Koehoorn, M., Lencar, C., Tamburic, L., & Brauer, M. (2010). Effect of early life exposure to air pollution on development of childhood asthma. *Environmental Health Perspectives*, 118(2), 284–290. <https://doi.org/10.1289/ehp.0900916>

- Committee on the Assessment of Asthma and Indoor. (2000). *Clearing the Air: Asthma and Indoor Air Exposures*.
- Dapper, S. N., Spohr, C., & Zanini, R. R. (2016). Poluição do ar como fato de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. *Estudos Avançados*, 30(86), 83–97. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142016.00100006>
- Diette, G. B., Hansel, N. N., Buckley, T. J., Brosnan, J. C., Eggleston, P. A., Matsui, E. C., ... Breyse, P. N. (2007). Home indoor pollutant exposures among inner-city children with and without asthma. *Environmental Health Perspectives*, 115(11), 1665–1669. <https://doi.org/10.1289/ehp.10088>
- Eder, W.; Ege, M.J.; von Mutius, E. (2006). The Asthma Epidemic. *New England Journal of Medicine*, 355, 2226–2235. <https://doi.org/10.1056/NEJMra054308>
- EEA. (2015). *Air quality in Europe — 2015 report. Report*. <https://doi.org/10.2800/62459>
- EPA. (2016). Asthma Triggers: Gain Control. Retrieved from <https://www.epa.gov/asthma/asthma-triggers-gain-control>
- EPA. (2017). fundamentals-indoor-air-quality-buildings @ www.epa.gov. Retrieved February 20, 2017, from <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/fundamentals-indoor-air-quality-buildings>
- European Environment Agency. (2015). *State and Outlook 2015 the European Environment*. <https://doi.org/10.2800/944899>
- European Environment and Health Information System. (2007). Exposure of children to environmental tobacco smoke, (3), 4–7.
- Fundação Portuguesa do Pulmão. (n.d.). asma @ www.fundacaoportuguesadopulmao.org. Retrieved from <http://www.fundacaoportuguesadopulmao.org/asma.html>
- Gehring, U., Wijga, A. H., Brauer, M., Fischer, P., De Jongste, J. C., Kerkhof, M., ... Brunekreef, B. (2010). Traffic-related air pollution and the development of asthma and allergies during the first 8 years of life. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 181(6), 596–603. <https://doi.org/10.1164/rccm.200906-0858OC>
- Goldberg, M. S. (2007). On the interpretation of epidemiological studies of ambient air pollution. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 17 Suppl 2, S66–S70. <https://doi.org/10.1038/sj.jes.7500629>
- Golden, R., & Holm, S. (2017). Indoor Air Quality and Asthma. *Dose-Response*, 15(1),

155932581769115. <https://doi.org/10.1177/1559325817691159>
- Helse, D. R. (2006). Fabricating data: How substituting values for nondetects can ruin results, and what can be done about it. *Chemosphere*, 65(11), 2434–2439.
- Hwang, B.-F., Lee, Y.-L., Lin, Y.-C., Jaakkola, J. J. K., & Guo, Y. L. (2005). Traffic related air pollution as a determinant of asthma among Taiwanese school children. *Thorax*, 60(6), 467–473. <https://doi.org/10.1136/thx.2004.033977>
- Jantunen, M., Oliveira Fernandes, E., Carrer, P., & Kephelopoulos, S. (2011). *Promoting actions for healthy indoor air (IAIAQ)*.
- Judd, C. M., & McClelland, H. G. (1989). *Data analysis: A model comparison approach*.
- Kim, K. H., Jahan, S. A., & Kabir, E. (2013). A review on human health perspective of air pollution with respect to allergies and asthma. *Environment International*, 59, 41–52. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2013.05.007> Review
- Kotzias, D. D. (2005). The INDEX project. Final report, 338.
- Madureira, J. (2014). *On the Contribution of Schools to Children ' s Overall Indoor Air Exposure*.
- Madureira, J., Paciência, I., Cavaleiro-Rufo, J., & de Oliveira Fernandes, E. (2016). Indoor pollutant exposure among children with and without asthma in Porto, Portugal, during the cold season. *Environmental Science and Pollution Research*, 1–14. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7269-x>
- Madureira, J., Paciência, I., Cavaleiro-Rufo, J., & Fernandes, E. de O. (2016). Indoor air risk for schoolchildren's health in Portuguese homes.pdf.
- Maroco, J. (2003). *Análise Estatística com utilização do SPSS* (Edições Sí).
- Marsh, A. (1963). The December Smog. A First Survey. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 13(8), 384–387. <https://doi.org/10.1080/00022470.1963.10468197>
- McGwin, G., Lienert, J., & Kennedy, J. I. (2010). Formaldehyde exposure and asthma in children: A systematic review. *Environmental Health Perspectives*, 118(3), 313–317. <https://doi.org/10.1289/ehp.0901143>
- Mendell, M. J. (2006). Indoor Residential Chemical Exposures as Risk Factors for Asthma and Allergy in Infants and Children : a Review Indoor Residential Chemical Exposures as Risk Factors for Asthma and Allergy in Infants and Children : a Review, (March).

- Mi, Y. H., Norbäck, D., Tao, J., Mi, Y. L., & Ferm, M. (2006). Current asthma and respiratory symptoms among pupils in Shanghai, China: Influence of building ventilation, nitrogen dioxide, ozone, and formaldehyde in classrooms. *Indoor Air*, 16(6), 454–464. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2006.00439.x>
- Nadadur, S. S., Miller, C. A., Hopke, P. K., Gordon, T., Vedal, S., Vandenberg, J. J., & Costa, D. I. (2007). The complexities of air pollution regulation: The need for an integrated research and regulatory perspective. *Toxicological Sciences*, 100(2), 318–327. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfm170>
- Naeher, L. P., Brauer, M., Lipsett, M., Zelikoff, J. T., Simpson, C. D., Koenig, J. Q., & Smith, K. R. (2007). Woodsmoke health effects: a review. *Inhal Toxicol*, 19(1), 67–106. <https://doi.org/10.1080/08958370600985875>
- National Research Council (US) Committee on Environmental Epidemiology; National Research Council (US) Commission on Life Sciences. (1997). *Environmental Epidemiology, Volume 2: Use of the Gray Literature and Other Data in Environmental Epidemiology* (Vol. 2). Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK233638/> doi: 10.17226/5804
- Nicolau, R., & Machado, A. (2010). Avaliação do Impacte da Poluição Atmosférica na Saúde: Uma aplicação aos concelhos de Matosinhos, Maia, Valongo e Lisboa. Retrieved from http://www.insa.pt/sites/INSA/Portugues/Publicacoes/Outros/Documents/Epidemiologia/Relatorio_Poluicao_final.pdf
- Nurmatov, U. B., Tagiyeva, N., Semple, S., Devereux, G., & Sheikh, A. (2015). Volatile organic compounds and risk of asthma and allergy: A systematic review. *European Respiratory Review*, 24(135), 92–101. <https://doi.org/10.1183/09059180.00000714>
- Orr, J. M., Sackett, P. R., & Dubois, C. L. Z. (1991). Outlier detection and treatment in I/O. *Personnel Psychology*, 44(3), 473–486.
- Patelarou, E., Tzanakis, N., & Kelly, F. J. (2015). Exposure to indoor pollutants and wheeze and asthma development during early childhood. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(4), 3993–4017. <https://doi.org/10.3390/ijerph120403993>
- Pope, C. A., Burnett, R. T., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D., Ito, K., & Thurston, G. D. (2002). Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 287(9), 1132–41. <https://doi.org/10.1001/jama.287.9.1132>

- Rumchev, K., Spickett, J., Bulsara, M., & Phillips, M. (2004). Association of domestic exposure to volatile organic compounds with asthma in young children. *Thorax*, 59, 746–751. <https://doi.org/10.1136/thx.2003.013680>
- SCHER. (2007). Opinion on Risk Assessment on Indoor Air Quality. <https://doi.org/10.2772/32636>
- Smedje, G., Norbäck, D., & Edling, C. (1997). Asthma among secondary schoolchildren in relation to the school environment. *Clinical and Experimental Allergy: Journal of the British Society for Allergy and Clinical Immunology*, 27(11), 1270–8. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2222.1997.1780977.x>
- Strachan, D. P., & Sanders, C. H. (1989). Damp housing and childhood asthma; respiratory effects of indoor air temperature and relative humidity. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 43(1), 7–14.
- US EPA. (1992). Guidelines for Exposure Assessment. *Risk Assessment Forum*, 57(104), 22888–22938. <https://doi.org/EPA/600/Z-92/001>
- Watson, A. Y., Bates, R. R., & Kennedy, D. (1988). *Assessment of Human Exposure to Air Pollution: Methods, Measurements, and Models. Air Pollution, the Automobile, and Public Health*. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK218147/>
- WHO. (2006). WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005: summary of risk assessment. *Geneva: World Health Organization*, 1–22. [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(88\)90109-6](https://doi.org/10.1016/0004-6981(88)90109-6)
- WHO. (2008). Children's Health and the Environment, 1–38.
- WHO. (2010). Guidelines for indoor air quality. *WHO Guidelines*, 9, 454. <https://doi.org/10.1186/2041-1480-2-S2-I1>
- WHO. (2013). Asthma. Retrieved from <http://www.who.int/topics/asthma/en/>
- WHO. (2016a). 75c6460ad5deac33044f52ac16a1f05c06ac982a @ www.who.int. Retrieved November 16, 2016, from <http://www.who.int/indoorair/interventions/en/>
- WHO. (2016b). Ambient (outdoor) air quality and health. Retrieved October 5, 2016, from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>
- WHO. (2016c). Health risk assessment of air pollution: General principles, 29. Retrieved from <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2016/health-risk-assessment-of-air-pollution.-general-principles-2016>
- WHO Regional Office for Europe. (2000). Environmental tobacco smoke. *Air Quality*

Guidelines, 1–23.

Yu, O., Sheppard, L., Lumley, T., Koenig, J. Q., & Shapiro, G. G. (2000). Effects of ambient air pollution on symptoms of asthma in seattle-area children enrolled in the CAMP study. *Environmental Health Perspectives*, 108(12), 1209–1214. <https://doi.org/10.1289/ehp.001081209>

Anexo 1

Boxplots de distribuição das variáveis para cada grupo asmático e não asmático

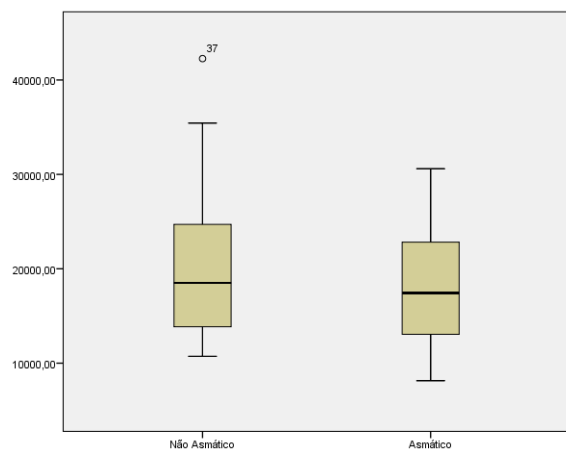


Figura 5 *Boxplot* do CO₂ em casa

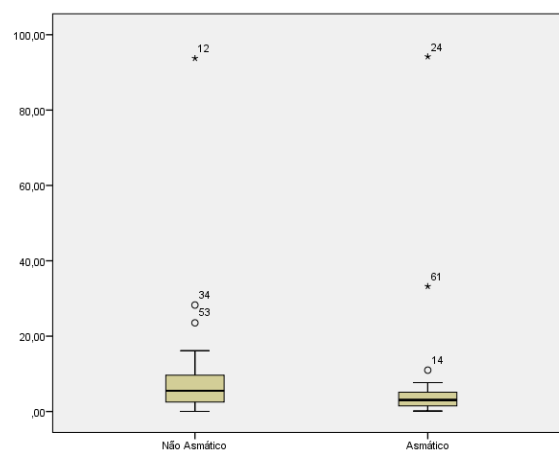


Figura 6 *Boxplot* do CO em casa

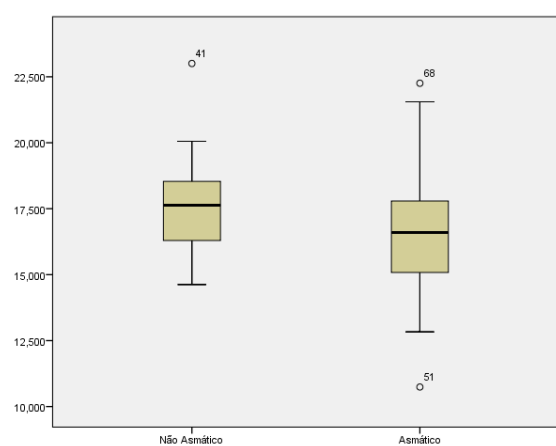


Figura 7 *Boxplot* da temperatura em casa

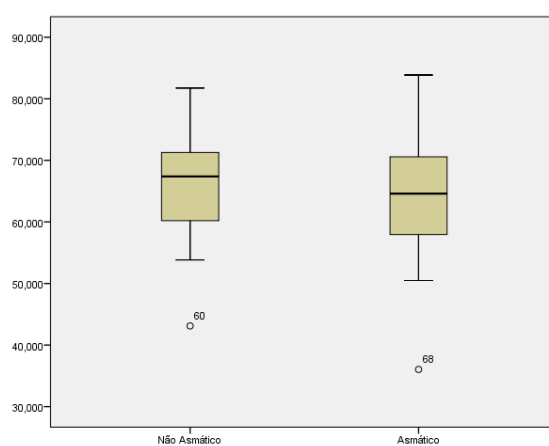


Figura 8 *Boxplot* da humidade Relativa em casa

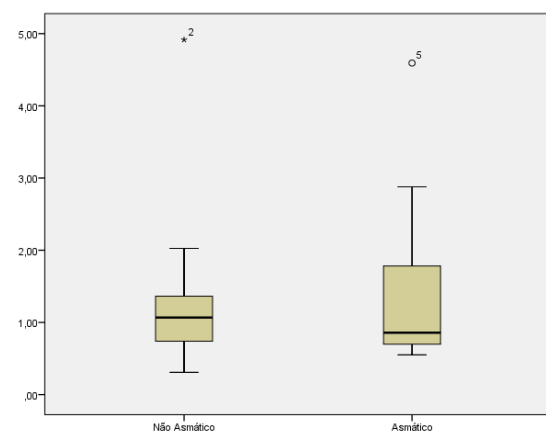


Figura 9 *Boxplot* das PM_{2.5} em casa

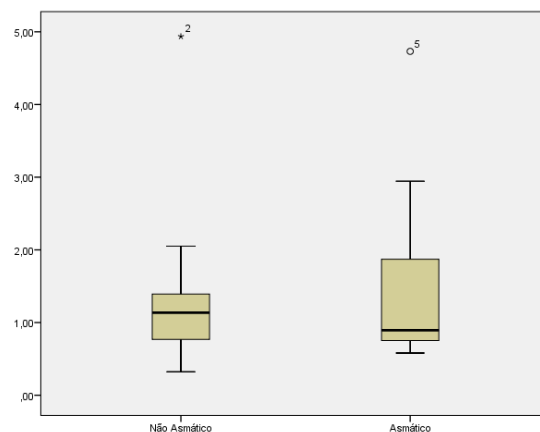


Figura 10 *Boxplot* das PM₁₀ em casa

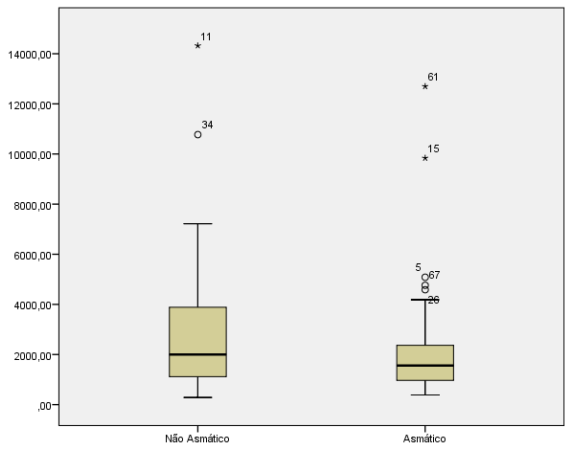


Figura 11 Boxplot dos COVT em casa

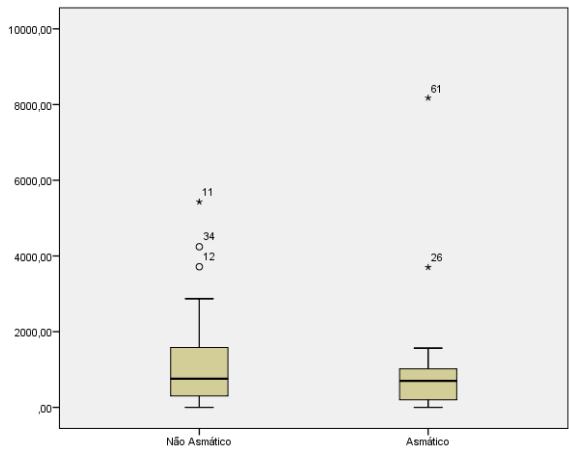


Figura 12 Boxplot dos Outros COV em casa

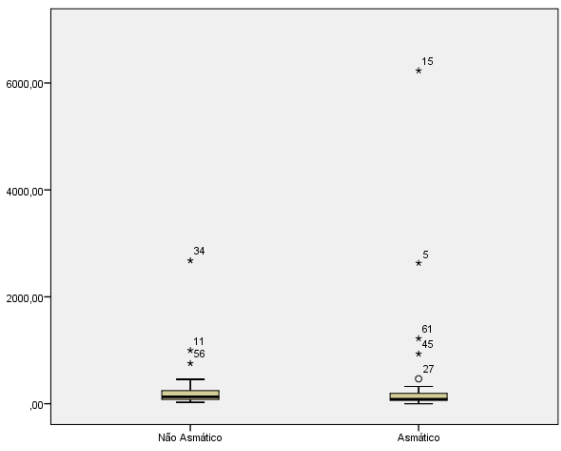


Figura 13 Boxplot do tolueno em casa

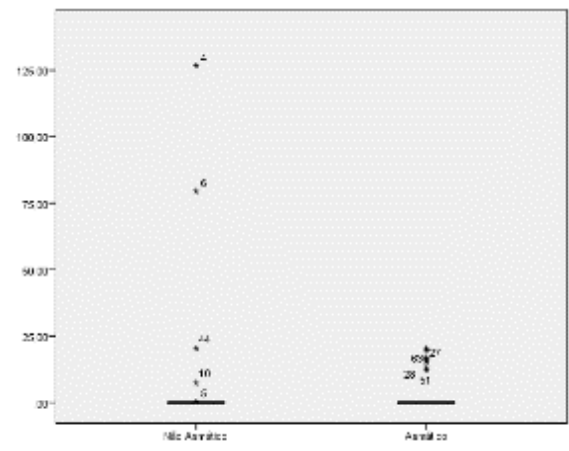


Figura 14 Boxplot do benzeno em casa

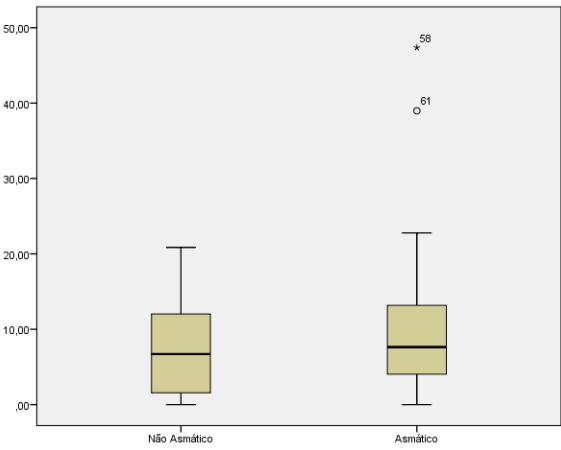


Figura 15 Boxplot do m/p-xileno em casa

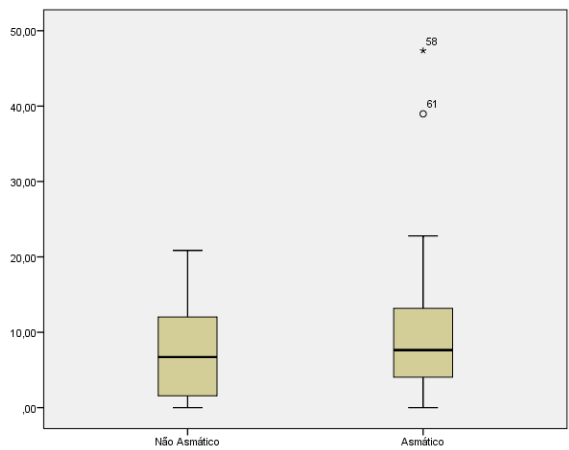


Figura 16 Boxplot do estireno em casa

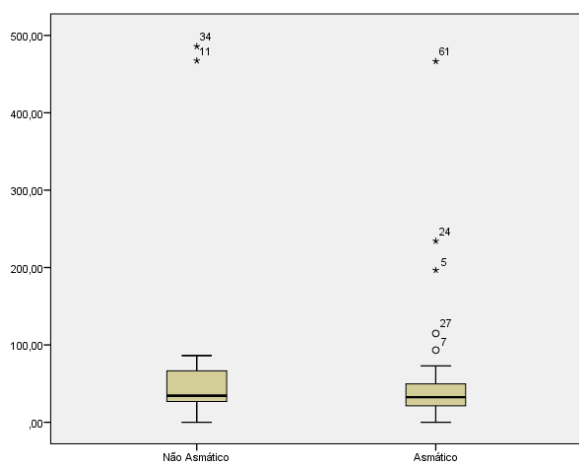


Figura 17 Boxplot do o-xileno em casa

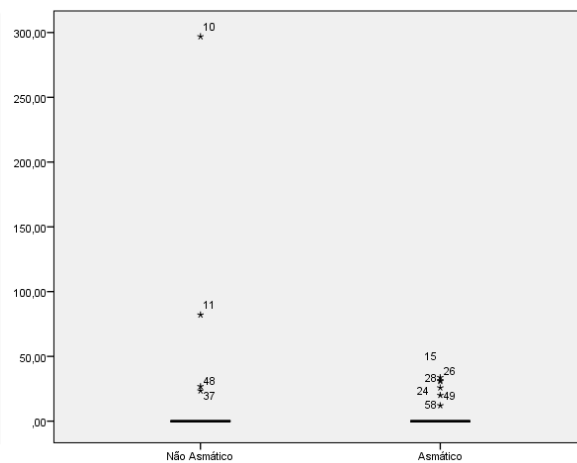


Figura 18 Boxplot do tetracloroetileno em casa

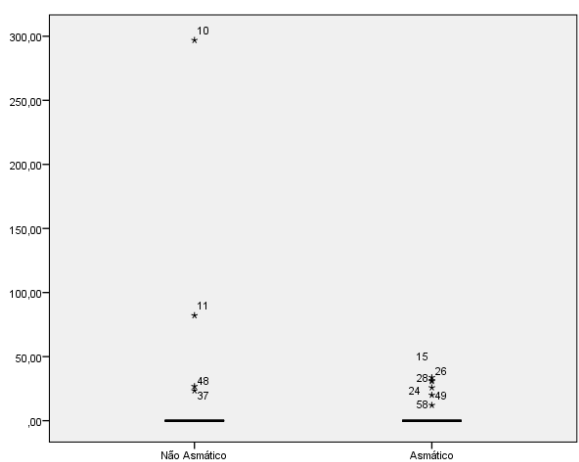


Figura 19 Boxplot do limoneno em casa

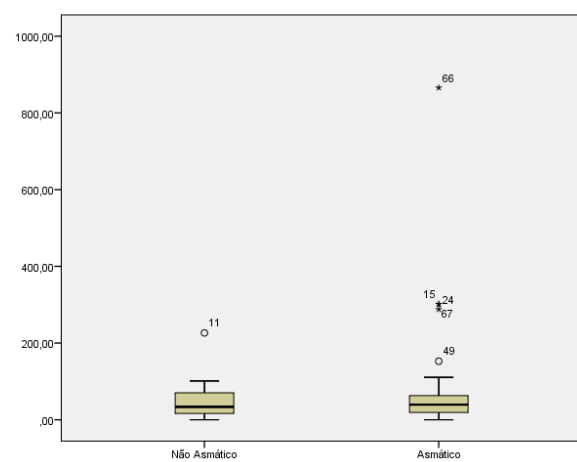


Figura 20 Boxplot do a-pineno em casa

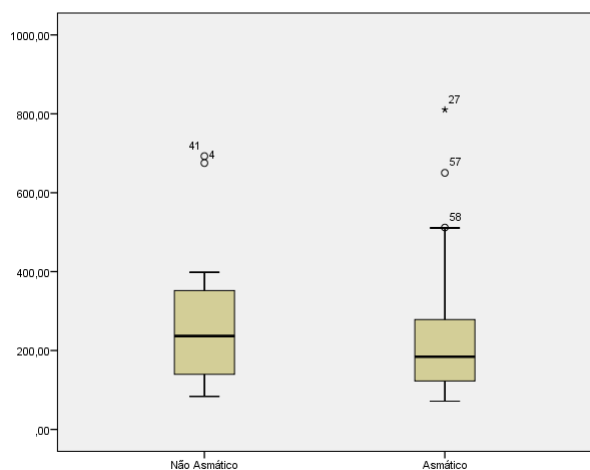


Figura 21 Boxplot do formaldeído em casa

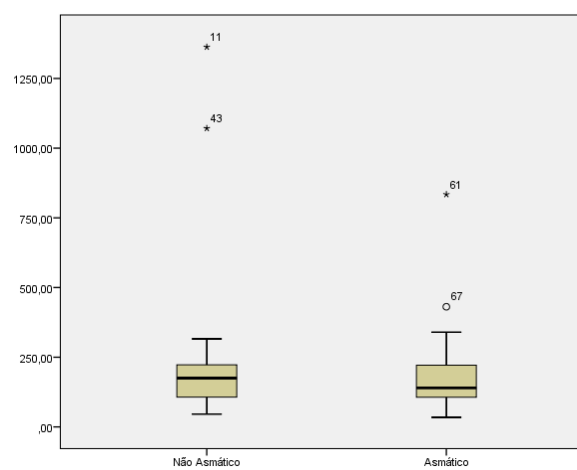


Figura 22 Boxplot do acetaldeído em casa

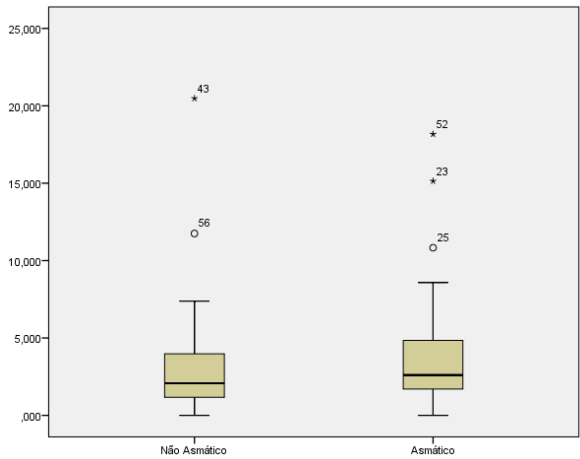


Figura 23 Boxplot da ventilação em casa

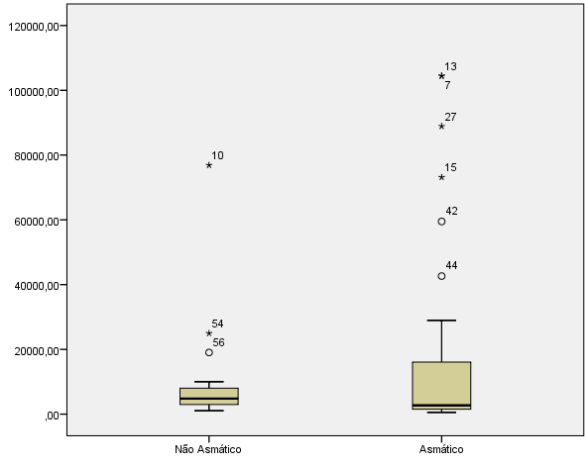


Figura 24 Boxplot dos fungos em casa

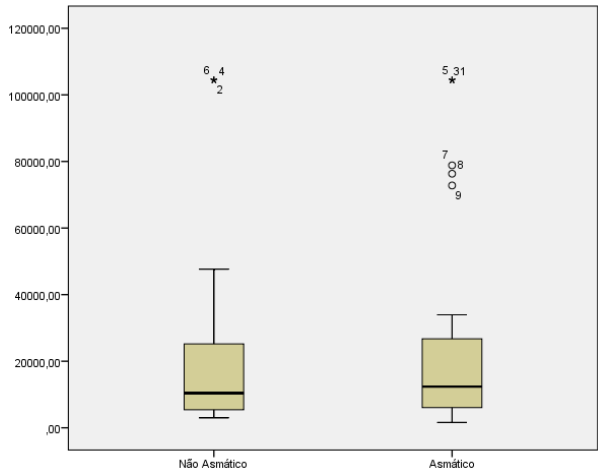


Figura 26 Boxplot das bactérias em casa

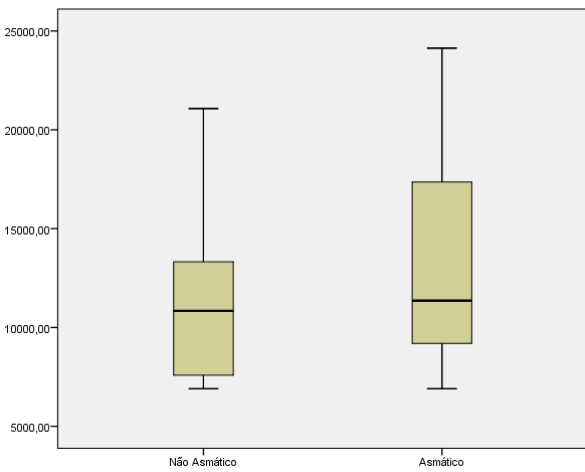


Figura 25 Boxplot do CO₂ na escola

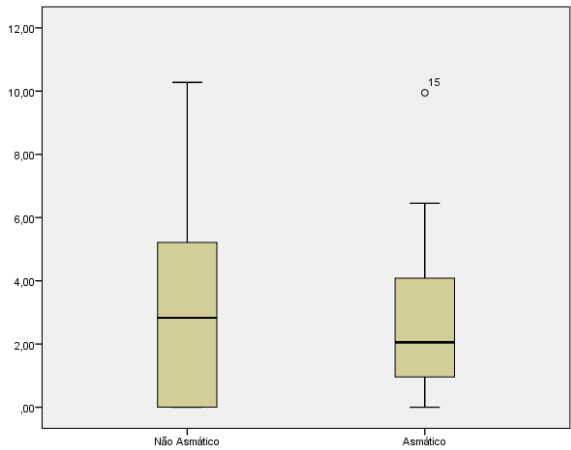


Figura 27 Boxplot do CO na escola

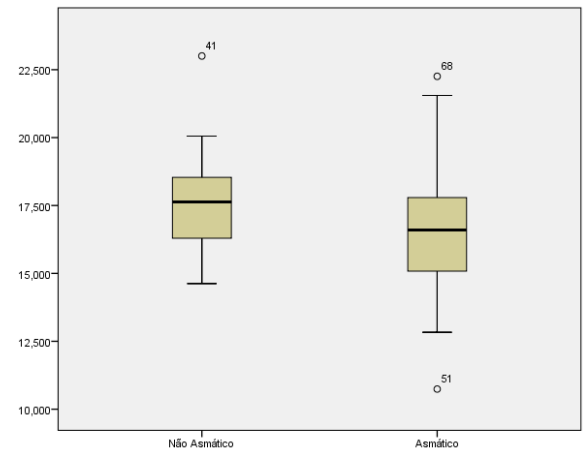


Figura 28 Boxplot da temperatura na escola

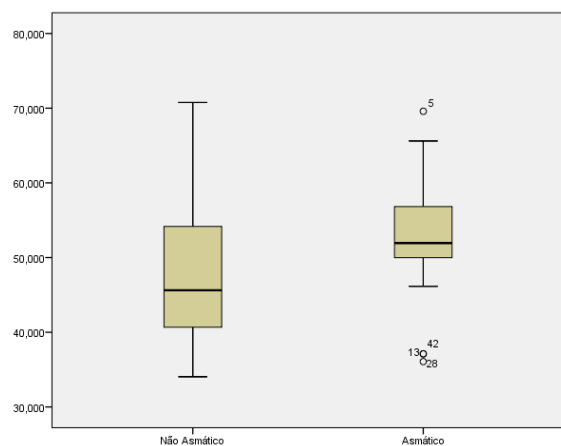


Figura 29 Boxplot da humidade relativa na escola

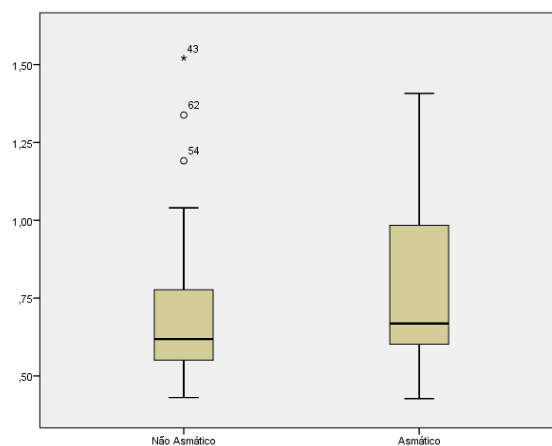


Figura 30 Boxplot das PM_{2.5} na escola

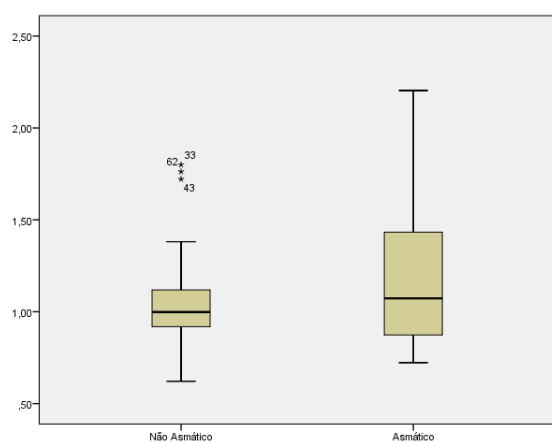


Figura 31 Boxplot das PM₁₀ na escola

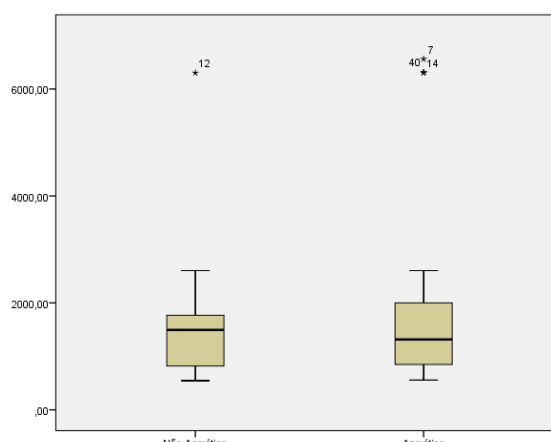


Figura 32 Boxplot dos COVT na escola

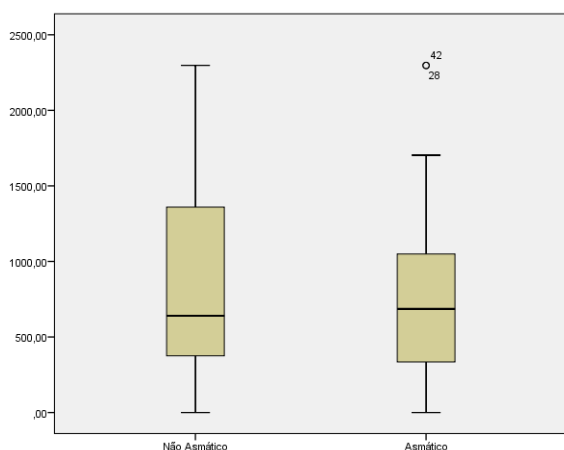


Figura 33 Boxplot dos outros COVs na escola

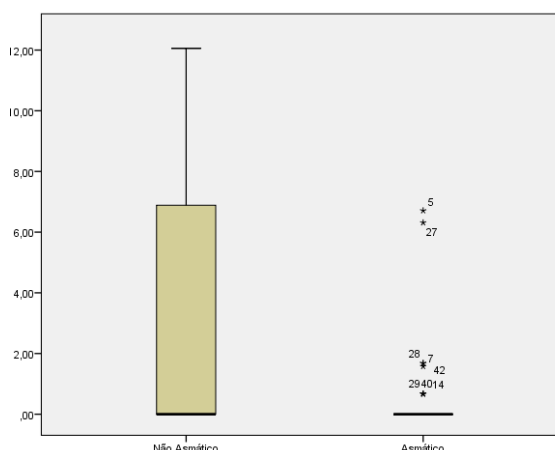


Figura 34 Boxplot do benzeno na escola

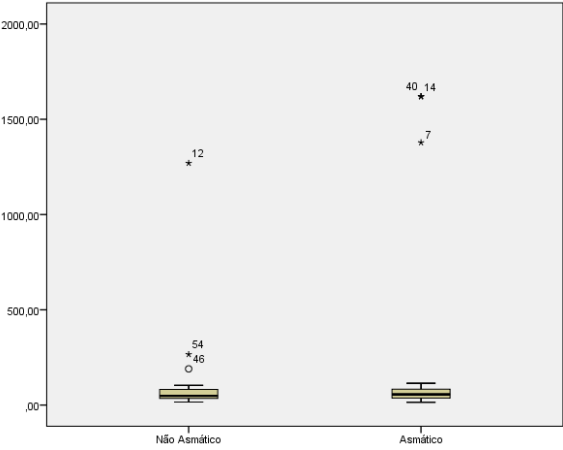


Figura 35 *Boxplot* do tolueno na escola

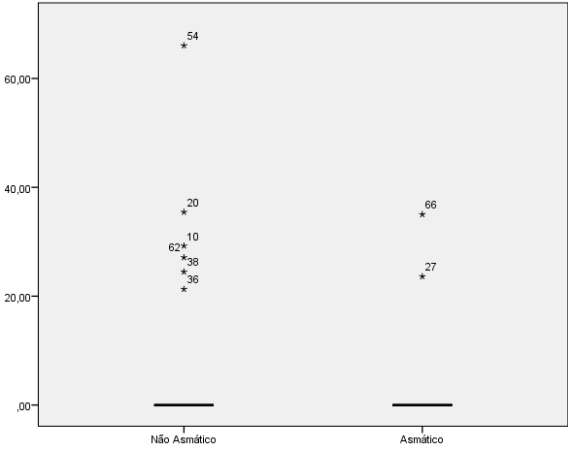


Figura 36 *Boxplot* do tetracloreto de etileno na escola

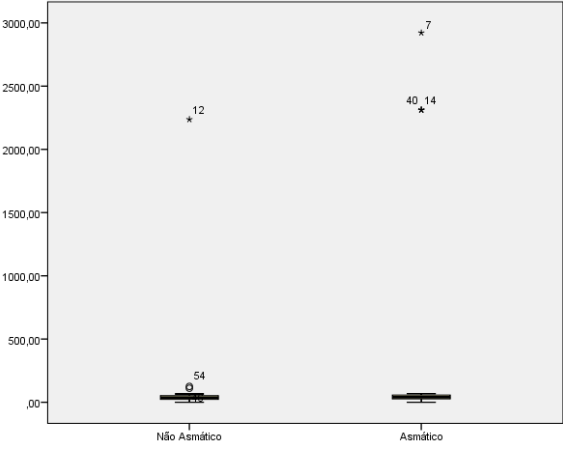


Figura 37 *Boxplot* do p-xileno na escola

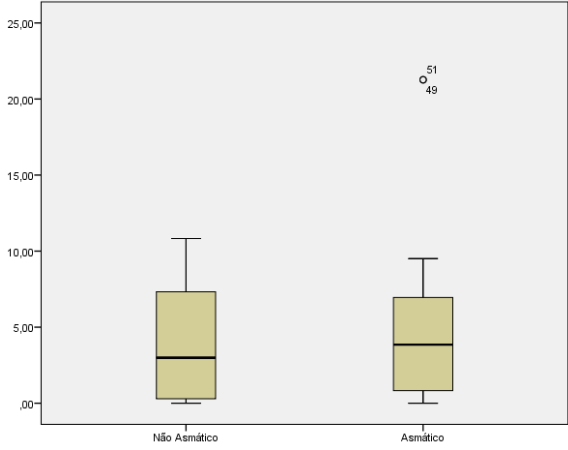


Figura 38 *Boxplot* do estireno na escola

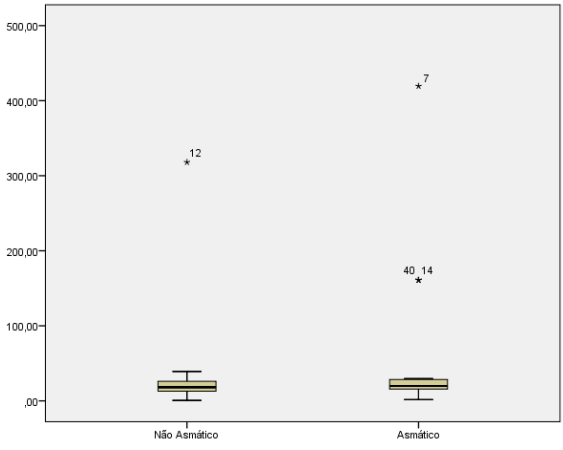


Figura 39 *Boxplot* do o-xileno na escola

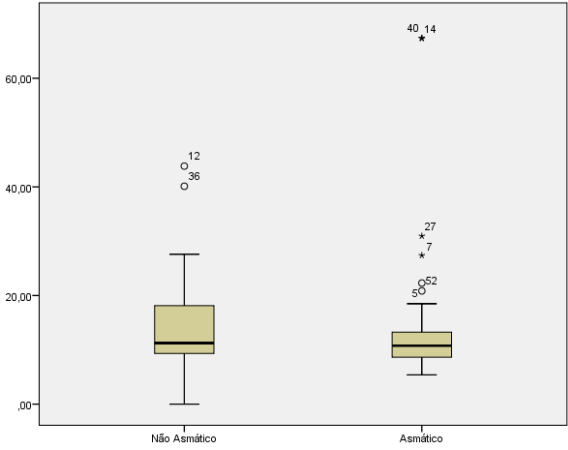


Figura 40 *Boxplot* do a-pineno na escola

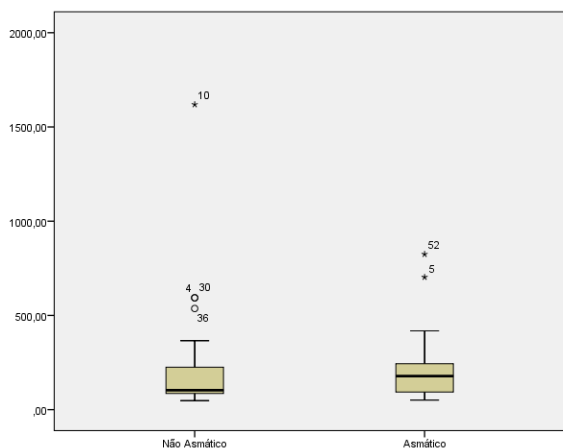


Figura 41 Boxplot do limoneno na escola

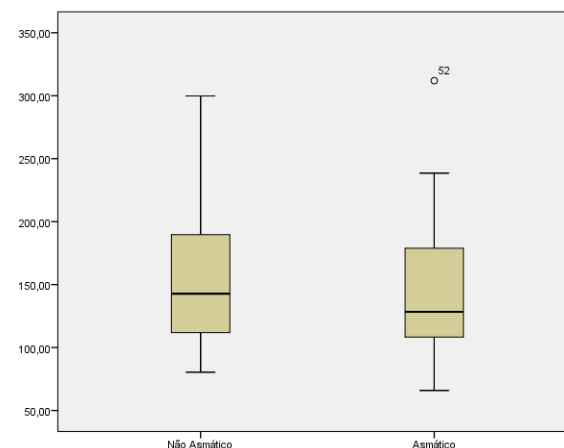


Figura 42 Boxplot do formaldeído na escola

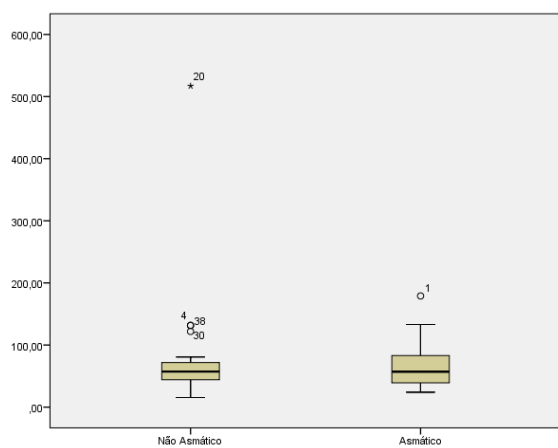


Figura 43 Boxplot do acetaldeído na escola

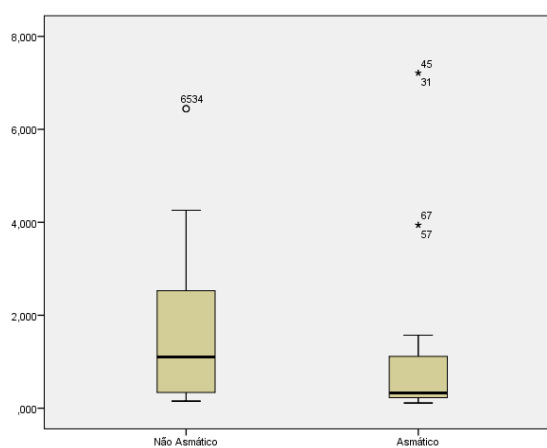


Figura 44 Boxplot da ventilação na escola

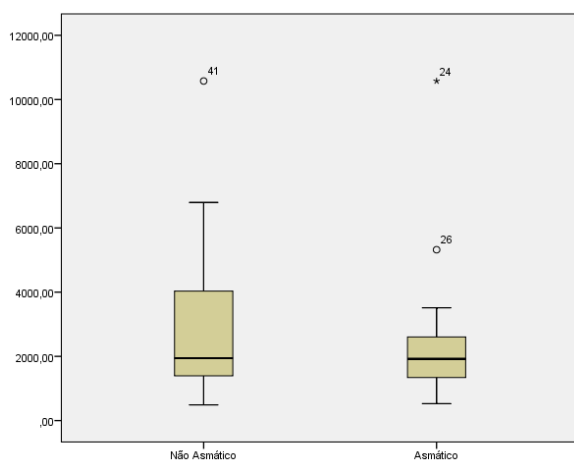


Figura 45 Boxplot dos fungos na escola

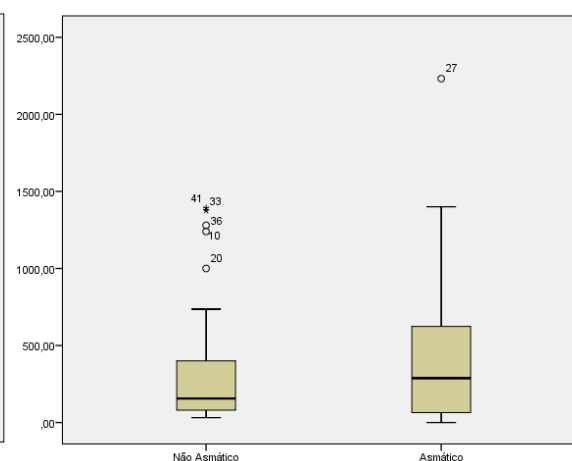


Figura 46 Boxplot das bactérias na escola

Anexo 2

Resumos dos artigos desenvolvidos ao longo deste trabalho para apresentação em congresso:

ASTHMA IN CHILDREN AND INDOOR AIR POLLUTANTS – IS THERE RISK BASED EVIDENCE?

Rosa Oliveira, Guilherme Ferreira, Hugo Santos, Catarina Castro

XXIII Jornadas de Pediatria – 8,9 e 10 de Fevereiro de 2017 – Faculdade de Medicina de Lisboa

ASTHMA IN CHILDREN AND INDOOR AIR POLLUTANTS – ASSOCIATIONS IN RESIDENTIAL AND SCHOOL ENVIRONMENTS

Guilherme Ferreira, Rosa Oliveira, Hugo Santos, Catarina F. Castro

M2D2017 – Junho 2017 – Albufeira

POLUENTES DO AR INTERIOR – ASSOCIAÇÕES ENTRE AMBIENTES RESIDENCIAIS E ESCOLARES

Guilherme M. Ferreira, Rosa Oliveira, Hugo Santos, Catarina F. Castro

CLME2017 – VCEM – Setembro, 2017 –Maputo, Moçambique



LIVRO DE RESUMOS

COMUNICAÇÕES ORAIS

Grande Auditório – 10 de fevereiro às 14h

Moderadores: Miroslava Gonçalves, Lurdes Sampaio

9. NOVA SÍNDROME DE PDI LIGADA AO X DOMINANTE ASSOCIADA AO GENE DDX3X: APRESENTAÇÃO DE UM CASO

1-Amaral AM; 2-Dupont J, 3-Sousa AB

1,2,3 Serviço de Genética, Departamento de Pediatria, Hospital de Santa Maria, Centro Hospitalar Lisboa Norte, Centro Académico de Medicina de Lisboa, Lisboa, Portugal

10. CEFALÉIAS E VISÃO TURVA... SERÁ TUMOR?

Bárbara Marques, Rita Espírito Santo, Joana Coelho, Tiago Proença Santos, Teresa Moreno, Sofia Quintas, António Levy

Unidade de Neuropediatria, Serviço de Pediatria Médica, Departamento de Pediatria, Hospital Universitário de Santa Maria (CHLN), Centro Académico de Medicina de Lisboa

11. DESAFIOS DA PRESCRIÇÃO FARMACOLÓGICA NA OBESIDADE EM IDADE PEDIÁTRICA

1- Patrícia Lipari Pinto; 2- Helena Fonseca; 3- Solange Alves; 4- Ricardo Fernandes

1- Departamento de Pediatria, Hospital de Santa Maria – CHLN, Centro Académico de Medicina de Lisboa; 2- Unidade de Medicina do Adolescente, Departamento de Pediatria Hospital de Santa Maria – CHLN, Centro Académico de Medicina de Lisboa; 3 – Departamento de Farmacologia Clínica, Hospital de Santa Maria – CHLN, Centro Académico de Medicina de Lisboa; 4- Unidade de Alergologia Pediátrica, Departamento de Pediatria Hospital de Santa Maria – CHLN, Centro Académico de Medicina de Lisboa

12. INFLAMAÇÃO CRÓNICA DAS VIAS AÉREAS: O PONTO COMUM ENTRE DOENÇA ALÉRGICA E PERTURBAÇÃO RESPIRATÓRIA DO SONO?

1-Joana A. Oliveira; 2-Rosa Martins; 3-Rosário Ferreira

1,2-Departamento de Pediatria, Hospital de Santa Maria (CHLN), Centro Académico de Medicina de Lisboa; 3-Unidade de Pneumologia Pediátrica, Departamento de Pediatria, Hospital de Santa Maria (CHLN), Centro Académico de Medicina de Lisboa

13. ASTHMA IN CHILDREN AND INDOOR AIR POLLUTANTS – IS THERE RISK BASED EVIDENCE?

Rosa Oliveira¹, Guilherme Ferreira², Hugo Santos¹, Catarina Castro^{1,2}

¹ Institute of Science and Innovation in Mechanical and Industrial Engineering, Porto, Portugal

² Faculty of Engineering of the University of Porto, Porto, Portugal

14. SÍNDROME APNEIA OBSTRUTIVA DO SONO EM CRIANÇAS COM MALFORMAÇÕES CRANIOFACIAIS

1- Rute F Coelho; 2- Andreia O Descalço; 3- Lia Oliveira; 4-Eleonora Paixão; 5- Ana M. Correia; 6- Ângela Martins; 7- Rosário Ferreira

1,2,3,5,6,7 - Centro de Estudos da Função Respiratória, Sono e Ventilação. Unidade de Pneumologia Pediátrica. Serviço de Pediatria. Departamento de Pediatria. Hospital de Santa Maria, Centro Hospitalar de Lisboa Norte, EPE.; 4- Administração Regional de Saúde do Alentejo

15. ABCESSO INTRA-ABDOMINAL PÓS-APENDICECTOMIA – SERÁ POSSÍVEL PREVER?

1-Rodrigo Roquette; 2-Filipa Jalles; 3-Ana Paula Martins; 4-Marta Janeiro; 5- Miroslava Gonçalves

1-Interno de Cirurgia Pediátrica-Serviço Cirurgia Pediátrica do Departamento Pediatria-Hospital Santa Maria (CHLN); 2-Interno de Cirurgia Pediátrica-Serviço Cirurgia Pediátrica do Departamento Pediatria - Hospital Santa Maria (CHLN); 3-Assistente Hospitalar Graduada de Cirurgia Pediátrica-Serviço Cirurgia Pediátrica do Departamento Pediatria-Hospital Santa Maria (CHLN); 4-Assistente Hospitalar de Cirurgia Pediátrica-Serviço Cirurgia Pediátrica do Departamento Pediatria-Hospital Santa Maria (CHLN); 5-Assistente Hospitalar Sênior e Directora de Serviço de Cirurgia Pediátrica-Serviço de Cirurgia Pediátrica do Departamento Pediatria-Hospital Santa Maria (CHLN)

16. RASTREIO DE SÉPSIS NEONATAL PRECOCE: O VALOR DIAGNÓSTICO DA PROCALCITONINA VERSUS PROTEÍNA C REATIVA

1-Ana Ventura; 2-André Mendes Graça; 3-Joana Borges; 4-Paula Costa; 5-Teresa Amaral; 6-Margarida Abrantes; 7- Carlos Moniz

1,3- Departamento de Pediatria, Hospital de Santa Maria (CHLN), Centro Académico de Medicina de Lisboa; 2,4,6,7- Serviço de Neonatologia, Departamento de Pediatria, Hospital de Santa Maria (CHLN), Centro Académico de Medicina de Lisboa; 5-Laboratório de Urgência, Departamento de Medicina Laboratorial, Hospital de Santa Maria (CHLN), Centro Académico de Medicina de Lisboa

13. ASTHMA IN CHILDREN AND INDOOR AIR POLLUTANTS – IS THERE RISK BASED EVIDENCE?

Rosa Oliveira¹, Guilherme Ferreira², Hugo Santos¹, Catarina Castro^{1,2}

¹ Institute of Science and Innovation in Mechanical and Industrial Engineering, Porto, Portugal

² Faculty of Engineering of the University of Porto, Porto, Portugal

KEYWORDS: Asthma; Indoor Air Quality; Exposure

INTRODUCTION: Asthma is one of the major chronic diseases among children, affecting more than one third in Europe (Oliveira Fernandes et al., 2008) plus asthma prevalence has increased in recent decades, being changes in environmental exposures the most probable cause (Masoli et al., 2004 and Etzel, 2007). Nonetheless, studies have investigated the consequences of children exposure to air pollution there is, still, a need to investigate indoor pollutants' impact on the development and prevalence of asthma among children.

AIM: To investigate the association between indoor air quality and the development of asthma in children.

METHODS: A case-control study was conducted with 68 children, aged between 7 and 10 years living in Porto, in order to assess associations between their personal daily exposure to air pollutants and the risk of developing asthma. To estimate these associations, and Mann-Whitney tests were applied for initial comparisons. Multiple logistic regression analysis was used to test the association between air quality and asthma risk factors, adjusting for the effective exposure time in home and school and environments. **RESULTS:** Within the school environment, consistent associations were observed between asthma and personal exposure to benzene, tetrachloroethylene (T4CE), PM_{2.5}, carbon monoxide (CO), relative humidity (RH) and ventilation. At home, the same was found for CO.

CONCLUSIONS: This study suggests that higher RH levels at school, as well as exposure to PM_{2.5} may both increase the risk of childhood asthma. However, some pollutants also seem to be linked to a protective effect.

REFERENCES:

- Etzel, R. A. 2007. Indoor and outdoor air pollution: Tobacco smoke, moulds and diseases in infants and children. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 210, 611-616.
- Masoli, M., Fabian, D., Holt, S. & Beasley, R. 2004. The global burden of asthma: executive summary of the GINA Dissemination Committee report. *Allergy* 59, 469-78.
- Oliveira Fernandes, E., Gustafsson, H., Seppänen, O., Crump, D. & Ventura Silva, G. 2008. WP3 Final Report on Characterization of Spaces and Sources. EnVIE Project. Brussels: European Commission 6th Framework Programme of Research.

ACKNOWLEDGEMENTS

Authors gratefully acknowledge the funding of Project NORTE-01-0145-FEDER-000010 – Health, Comfort and Energy in the Built Environment (HEBE), cofinanced by Programa Operacional Regional do Norte (NORTE2020), through Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER).

M2D2017

PROGRESS IN MECHANICS AND MATERIALS IN DESIGN

Editors

J.F. Silva Gomes and Shaker A. Meguid

**FEUP-INEGI
(2017)**

6596	DEVELOPMENT OF A METHODOLOGICAL APPROACH FOR REQUIREMENTS MANAGEMENT IN CROSS-COMPANY NETWORKS (REMAIN). Ovidiu Bielefeld, Nadine Schlueter, Petra Winzer.	409
6659	ENTERPRISE DIAGNOSTIC METHOD: A COMPUTER SYSTEM TO REDUCE ITS LEAD TIME. Sergio Hermenegildo, Robison Calado.	411
6781	DETERMINATION OF CONSERVADURISM DEGREE IN THE LEVEL 1 OF THE STANDARD API-579-1/ASME-FFS-1-2007 FOR THE ASSESSMENT OF DENTS IN INTERNAL PRESSURE PIPE-LINE. David Casarrubias, Jorge González, Diego Rivas, Manuel Beltrán.	413
6965	ANALYSIS OF AIR QUALITY AND HEALTH CONCERNS. António R. Fernandes, Luisa N. Hoffbauer, Catarina F. Castro.	415
6970	ASTHMA IN CHILDREN AND INDOOR AIR POLLUTANTS – ASSOCIATIONS IN RESIDENTIAL AND SCHOOL ENVIRONMENTS. Guilherme Ferreira, Rosa Oliveira, Hugo Santos, Catarina F. Castro.	417
6988	ALARP: CONCEPTS AND TECHNIQUES TO BUILD SAFETY CASE. Soliman Mahmoud.	419
	SYMPOSIUM-1: EXPERIMENTAL MECHANICS IN DESIGN	421
6538	INVESTIGATIONS OF THE SHRINK-FITTED JOINTS IN THE ASSEMBLED CRANKSHAFTS. Zbigniew Siemiątkowski, Mirosław Rucki, Sergiy Lavrynenko.	423
6572	AXISYMMETRIC BUCKLING AND STRAIN DISTRIBUTION OF SHALLOW SPHERICAL CAPS WITH FREE EDGES. Devin Singh, Jacqueline Bridge.	425
6724	LABORATORIAL TESTS ON FAILURE BY OVERTOPPING OF EARTH DAMS. IMAGING TECHNIQUES USED FOR EXTRACTION OF EXPERIMENTAL DATA. Silvia Amaral, Teresa Viseu, Rui M.L. Ferreira.	427
6760	FORCE BASED SYSTEM FOR ALIGNMENT OF AN UNIFORM LOADING OF A HYDROGENERATOR FOOT STEP BEARING. Jan Chvojan, Jaroslav Vaclavik.	429
6792	EXPERIMENTAL EVALUATION OF STRUCTURAL GLASS ELEMENT UNDER COMPRESSION. Roman Kalamar, Martina Eliášová.	431
	SYMPOSIUM-2: FAILURE ANALYSIS, DIAGNOSTICS AND PREVENTION	433
6429	MODELLING TECHNIQUES FOR DELAMINATION AND FRACTURE. Jose L. Curiel-Sosa, Behrooz Tafazzolimoghaddam, Joaquin Navarro-Zafra, Mahesa Akbar, N. Azam Abdullah, Meor I.M. Ahmad.	435
6651	GAUSSIAN HYPERMODEL APPLIED TO FAILURE ANALYSIS OF LAMINATED COMPOSITES. L.A.S. Abreu, Helcio R.B. Orlando, Marcelo J. Colaço.	437
6685	RELIABILITY ENGINEERING: RISK MANAGEMENT IN SEAPORTS OPERATIONS. Carlos F. Barros, Fransival Costa, Luiz Chaves, João David, Vitor Azevedo.	439
6747	MODIFIED SHORT RUN CONTROL CHARTS APPLIED TO EQUIPMENTS CONTROL IN EARLY LIFE CYCLE. Suzana Lampreia, Valter Vairinhos, José Requeijo, Vitor Lobo.	441
6754	LATEST DEVELOPMENTS IN NONDESTRUCTIVE TESTING OF RESIDUAL STRESSES IN WELDED STRUCTURES BY ULTRASONIC METHOD. J. J. Kleiman, Y.A. Kudryavtsev.	443

PAPER REF: (-----)

ASTHMA IN CHILDREN AND INDOOR AIR POLLUTANTS – ASSOCIATIONS IN RESIDENTIAL AND SCHOOL ENVIRONMENTS

Guilherme Ferreira¹, Rosa Oliveira², Hugo Santos², Catarina F. Castro^{1,2}¹Faculty of Engineering of the University of Porto, Porto, Portugal²Institute of Science and Innovation in Mechanical and Industrial Engineering, Porto, Portugal^(*)Email: ccastro@fe.up.pt

ABSTRACT

Asthma has become the most common, childhood chronic disease in the industrialized world, and environmental factors are likely to be important in explaining the overall increasing trend towards asthma's prevalence. Health risks have received considerable attention during recent years, namely, regarding their potential effect on asthmatic children. Indoor factors are of particular interest because children spend more than 80% of their time indoors globally. An ongoing analysis investigating the association of potential health effects and indoor exposures to pollutants, allergens and irritants, dampness and mould and more general indoor comfort parameters is addressed here. The statistical results demonstrate the importance of evaluating indoor home environmental air pollution sources as risk factors for asthma.

Keywords: Indoor environment; Air pollution; Health; Asthma; School children.

INTRODUCTION

Asthma is one of the most predominant chronic diseases among young children, affecting more than one third in Europe (Oliveira Fernandes et al., 2008). Additionally, Sun et al. (2009) and Zhao et al. (2008) state that the prevalence of asthma has increased in recent decades at a rate that, according to Masoli et al. (2004) and Etzel (2007), is probably due to changes in environmental exposures and cannot be simply justified by genetic deviations. Children spend up to 90% of their time in indoor environments, with the majority of that time split between home and school (Annesi-Maesano et al., 2013). Given the wide range of indoor pollutants, many studies have come out investigating their impact on health. Important indoor air pollution determinants of asthma include among others fine (PM_{2.5}) and coarse (PM_{2.5-10}) particulate matter, carbon monoxide (CO) and polycyclic aromatic hydrocarbons. There is increasing evidence that mould growth in damp buildings is an important risk factor for respiratory illness (Etzel, 2007). Comfort parameters such as temperature, dampness and visible mould, relative humidity and air ventilation measurements have been reported as associated to asthma exacerbation. The aim of this research project is to investigate the association between home and school's indoor air quality and the development of asthma in children.

METHODS

Between November 2011 and January 2012, a case-control study was conducted with sixty-eight children (thirty-eight cases and thirty controls) aged between 7 and 10 years living in the urban area of Porto, Portugal, in order to assess associations between their personal daily exposure to air pollutants and the risk of developing asthma. Indoor measurements of volatile organic compounds (VOC), formaldehyde, acetaldehyde, carbon monoxide (CO), PM_{2.5}, PM₁₀, carbon dioxide (CO₂), temperature, relative humidity, bacteria and fungi were

conducted both at home and school. In the present study a significant number of schools and homes were situated close to a heavily trafficked road or close to a car park it is expected that outdoor ambient air contribute to the indoor concentration measurements. The Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) was used for the analysis. To estimate possible associations, simple chi-square statistical tests and Mann-Whitney tests were applied for initial comparisons. Multiple logistic regression analysis was used to test the association between air quality and asthma risk factors, adjusting for the effective exposure time in each of the environments, home and school.

RESULTS AND CONCLUSIONS

Consistent associations were observed between asthma and environment parameters. The performed analysis suggests controversial asthma prevention by increasing benzene and tetrachloroethylene exposure at school and CO in both environments. The analysis is consistent with the research stating that children are less likely to have asthma when PM_{2.5}, relative humidity and lack of ventilation are reduced. However, several factors could account for inconsistencies, including confounding factors, small effect levels, or chronicity of exposure. Research documenting effectiveness of interventions to reduce those exposures and improve asthma outcomes is needed.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors gratefully acknowledge the funding by FCT, Portugal, of the Research Unit of LAETA-INEGI, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, as well as the funding of Project NORTE-01-0145-FEDER-000010 – Health, Comfort and Energy in the Built Environment (HEBE), cofinanced by Programa Operacional Regional do Norte (NORTE2020), through Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER). Acknowledgements are also due to Professor Oliveira Fernandes and Dr. Joana Madureira who were responsible for creating the conditions for the collection of the data analyzed and presented here.

REFERENCES

- Annesi-Maesano, I., Baiz, N., Banerjee, S., Rudnai, P., Rive, S. & The Sinphonie, G. 2013. Indoor air quality and sources in schools and related health effects. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev*, 16, 491-550.
- Etzel, R. A. 2007. Indoor and outdoor air pollution: Tobacco smoke, moulds and diseases in infants and children. *International J.f Hygiene and Environmental Health*, 210, 611-616.
- Masoli, M., Fabian, D., Holt, S. & Beasley, R. 2004. The global burden of asthma: executive summary of the GINA Dissemination Committee report. *Allergy* 59, 469-78.
- Oliveira Fernandes, E., Gustafsson, H., Seppänen, O., Crump, D. & Ventura Silva, G. 2008. WP3 Final Report on Characterization of Spaces and Sources. EnVIE Project. Brussels: European Commission 6th Framework Programme of Research.
- Sun, Y., Varnel, G. & Sundell, J. 2009. An on-going study on home environment and asthma and allergy among children in North East Texas, USA. Syracuse, NY USA: 9th International Conference Healthy Buildings 2009.
- Zhao, Z. H., Zhang, Z., Wang, Z. H., Ferm, M., Liang, Y. L. & Norbäck, D. 2008. Asthmatic symptoms among pupils in relation to winter indoor and outdoor air pollution in schools in Taiyuan, China. *Environmental Health Perspectives*, 116, 90-97.

CLME2017-VC

DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A ENGENHARIA NA COOPERAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO

Editores

*J.F. Silva Gomes, Carlos C. António
Clito F. Afonso e António S. Matos*

(2017)

SIMPÓSIO-2: REGENERAÇÃO URBANA E HABITAÇÃO EM ÁREAS INFORMAIS	161
6439 URBAN REGENERATION: A CELL AS DISSEMINATION UNIT. Miguel P. Amado, Inês Ramalheite, João C. Freitas, António R. Amado.	163
6447 THE ROLE OF PUBLIC SPACE IN THE REGENERATION OF INFORMAL SETTLEMENTS. João C. Freitas, Miguel P. Amado, Inês Ramalheite, António R. Amado.	165
6471 INCREMENTAL, LOW COST WATER AND SANITATION SOLUTIONS FOR THE OÉ-CUSSE REGION, TIMOR LESTE. Ana Amorim Silva, Miguel P. Amado.	167
6578 REGENERAÇÃO URBANA EM CENTROS HISTÓRICOS: PRESERVAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE VIDA DOS MAIS DESFAVORECIDOS. Emilia Malcata Rebelo.	169
6907 FAVELA – UMA ABORDAGEM SOBRE O PROCESSO DE GENTRIFICAÇÃO. Laurentina M. Valentim.	171
6976 POLUENTES DO AR INTERIOR – ASSOCIAÇÕES ENTRE AMBIENTES RESIDENCIAIS E ESCOLARES. Guilherme M. Ferreira, Rosa Oliveira, Hugo Santos, Catarina F. Castro.	173
SIMPÓSIO-3: INSPEÇÃO, DIAGNÓSTICO, MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DO EDIFICADO	175
6496 DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DE DESLOCAMENTOS EM ESTRUTURAS. Rafael Mabunda, Américo Dimande.	177
6588 DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA INTELIGENTE PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO DE DEGRADAÇÃO DE ESTRUTURAS EM BETÃO. José Neves, Guida Gomes, Joaquim Macedo, Henrique Vicente.	179
6634 ANÁLISE COMPARATIVA DOS MODOS DE ROTURA DE MODELOS DE LAJES DE BETÃO ARMADO REFORÇADAS COM COMPÓSITOS UHPRFC, USANDO MÉTODOS ANALÍTICOS, NUMÉRICOS E EXPERIMENTAIS. Aurélio Sine, Mário Pimentel, Sandra Nunes, Anin Abrishambaf.	181
6704 AVALIAÇÃO DAS CAUSAS DO DESABAMENTO DA COBERTURA DE UM GINÁSIO ESCOLAR. Filda Langa, Fulgêncio Nhumaio, Aurélio Sine, Henrique Filimone, Américo Dimande.	183
6827 ESTUDO ACÚSTICO DA IGREJA MONÁSTICA CISTERCIENSE EM PORTUGAL. Fabiel G. Rodrigues, João C.G. Lanzinha, Ana Maria T. Martins.	185
6828 METODOLOGIA E TÉCNICAS DE MEDIÇÃO ACÚSTICA EM IGREJAS. Fabiel G. Rodrigues, João C.G. Lanzinha, Ana Maria T. Martins.	187
6908 O IMPACTO DO PROJETO NA EXECUÇÃO DE OBRAS DE REABILITAÇÃO PREDIAL. Luis H.C. Oscar, Mariane R. Silva.	189
6917 REABILITAÇÃO E REFORÇO DOS CAIS 3 & 4 DO PORTO DE MAPUTO. Pedro Cabral, Ana Luisa Coelho, Alexandra Neves, Edgar Nascimento, Yasser Assane.	191
6951 CARACTERIZAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO BETÃO NORMAL. Cristina C. Santos, João P.C. Rodrigues.	193
7040 A PRIMARY PORTUGUESE HOUSING ANALYSIS OF THE NATIONAL ENERGY CERTIFICATION DATABASE. Rosa Oliveira, Carlos C. António, Hugo Santos, Eduardo O. Fernandes.	195
SIMPÓSIO-4: CONSTRUÇÕES TRADICIONAIS - TÉCNICAS DO PASSADO PARA UM FUTURO SUSTENTÁVEL	197
6725 REABILITAÇÃO PREDIAL NO CONTEXTO DAS OBRAS DO MUSEU DE ARTE DO RIO (MAR). Maíame R. Silva, Eduardo L. Qualharini, Patricia O. Costa.	199

Simpósio N° 2

POLUENTES DO AR INTERIOR – ASSOCIAÇÕES ENTRE AMBIENTES RESIDENCIAIS E ESCOLARESGuilherme Ferreira¹, Rosa Oliveira², Hugo Santos², Catarina F. Castro^{1,2 (*)}¹Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal²Institute of Science and Innovation in Mechanical and Industrial Engineering, Porto, Portugal

(*)Email: ccastro@fe.up.pt

RESUMO

A asma é uma das doenças crônicas mais predominantes entre as crianças, afetando mais de um terço na Europa (Oliveira Fernandes et al., 2008). Além disso, provavelmente devido a alterações às exposições ambientais, a taxa de crianças asmáticas tem aumentado nas últimas décadas (Etzel, 2007) e que não parece ser simplesmente justificada por desvios genéticos. As crianças passam até 90% de seu tempo em ambientes fechados, dividindo o tempo entre casa e escola (Annesi-Maesano et al., 2013). Dada a ampla gama de poluentes ambientais, muitos estudos têm sido feitos sobre o seu impacto na saúde. Importantes determinantes de poluição do ar interior da asma incluem, entre outros muita partícula inaláveis em suspensão (PM_{2,5}) e (PM_{2,5} – 10), monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. Há ainda uma crescente evidência de que o crescimento de bactérias e fungos em edifícios húmidos é um importante fator de risco para doença respiratória (Etzel, 2007). O objetivo deste trabalho é investigar a associação entre a qualidade do ar interior em casa e na escola e o desenvolvimento de asma nas crianças.

É aqui apresentado uma análise de um estudo caso-controlo que incluiu 68 casas de crianças asmáticas (caso) e de crianças não-asmáticas (controlo), com uma média de idades de 8.6 anos (desvio padrão=0.7). Os dados foram recolhidos em período de aquecimento entre 2011-2013 envolvendo escolas públicas do 1º ciclo do ensino básico situadas na cidade do Porto-Portugal. Na componente ambiental foram efetuadas medições de compostos orgânicos voláteis (COV), formaldeído, acetaldeído, monóxido de carbono, PM_{2.5}, PM₁₀, CO₂, temperatura, humidade relativa (HR), bactérias e fungos. O presente estudo suporta o papel pró-inflamatório das partículas, nomeadamente nas crianças mais sensibilizadas.

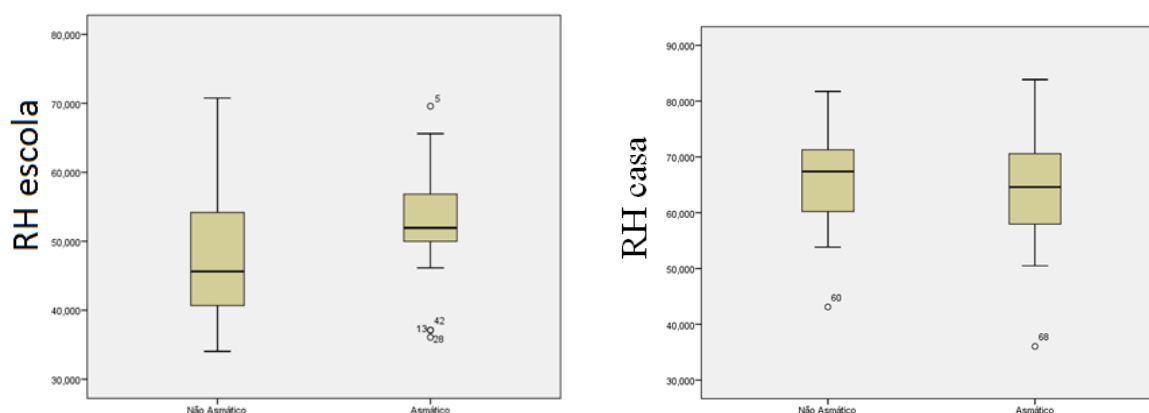


Fig 1: Comparação dos valores da humidade relativa (HR) na escola e em casa para crianças asmáticas e não-asmáticas.

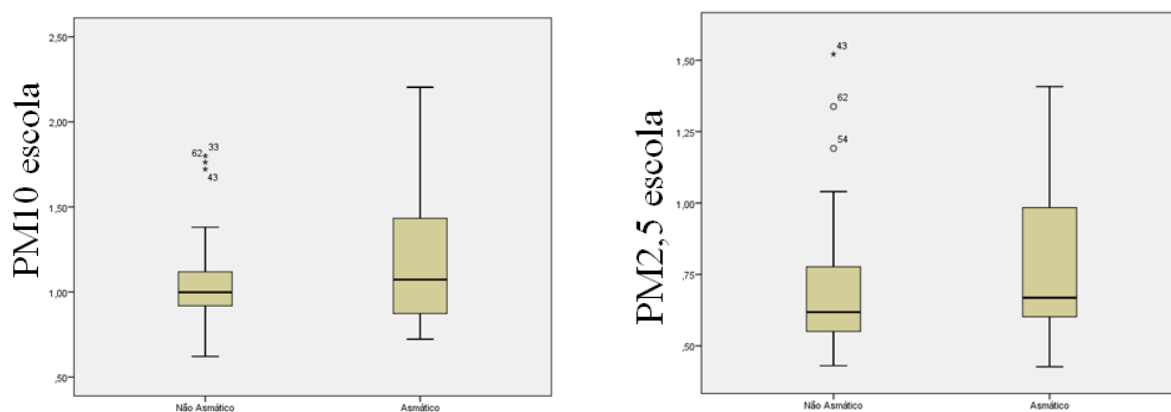


Fig 2: Distribuição das concentrações das partículas inaláveis em suspensão (PM2,5) e (PM10) na escola.

Este trabalho insere-se na área de investigação da associação entre a qualidade ar em ambientes fechados e consequentes efeitos na saúde, com o objetivo de melhorar o diagnóstico de doenças respiratórias e elaborar meios e ferramentas para caracterizar, tipificar e controlar as causas e fontes de poluição do ar na atual ambiente construído e criar instrumentos adequados a futuras intervenções com preocupações de saúde.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o financiamento pela FCT, Portugal, da unidade de investigação de LAETA-INEGI, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, bem como o financiamento do projeto NORTE-01-0145-FEDER-000010 – saúde, conforto e energia no construído ambiente (HEBE), co-financiado pelo Programa Operacional Regional do Norte (NORTE2020), através do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER). Agradecimentos são também devidos ao Professor Oliveira Fernandes e à Dra. Joana Madureira responsáveis por criar as condições para a recolha dos dados aqui analisados.

REFERÊNCIAS

- Annesi-Maesano, I., Baiz, N., Banerjee, S., Rudnai, P., Rive, S. & The Sinphonie, G. 2013. Indoor air quality and sources in schools and related health effects. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev*, 16, 491-550.
- Etzel, R. A. 2007. Indoor and outdoor air pollution: Tobacco smoke, moulds and diseases in infants and children. *International J.f Hygiene and Environmental Health*, 210, 611-616.
- Oliveira Fernandes, E., Gustafsson, H., Seppänen, O., Crump, D. & Ventura Silva, G. 2008. WP3 Final Report on Characterization of Spaces and Sources. *EnVIE Project*. Brussels: European Commission 6th Framework Programme of Research.
- Sun, Y., Varnel, G. & Sundell, J. An on-going study on home environment and asthma and allergy among children in North East Texas, USA. Syracuse, NY USA: 9th International Conference Healthy Buildings 2009.
- Zhao, Z. H., Zhang, Z., Wang, Z. H., Ferm, M., Liang, Y. L. & Norbäck, D. 2008. Asthmatic symptoms among pupils in relation to winter indoor and outdoor air pollution in schools in Taiyuan, China. *Environmental Health Perspectives*, 116, 90-97.